www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

12e JAARGANG No. 4, blz. 97-132 APRIL 1950

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

DRAAD- EN KABELISOLATIE OP BASIS VAN POLYVINYLCHLORIDE

door E. A. J. MOL *).

621.315.336.96:678.773.312

Onbrandbaarheid en een veel grotere duurzaamheid zijn de voornaamste redenen waarom men voor de isolatie van electrische leidingen meer en meer de voorkeur geeft aan bepaalde plastische stoffen — in het bijzonder die op basis van polyvinylchloride — boven rubber en textiel. Met eerstgenoemde stoffen geïsoleerd aansluitsnoer voor radio- en andere electrische toestellen wordt al op grote schaal gebruikt. In verscheidene landen, o.a. de Verenigde Staten van Amerika, worden bovendien reeds voor vaste huisinstallaties grote hoeveelheden draad met plastisch isolatiemateriaal verwerkt. In sommige andere landen echter vormen de nog steeds op de eigenschappen van rubber gebaseerde voorschriften van officiële keuringsinstanties een struikelblok voor het gebruik van de hier bedoelde materialen: de isolatieweerstand van deze laatste is namelijk lager dan die welke voor rubber wordt vereist, hoewel voor de practijk nog ruimschoots hoog genoeg. Het zou te betreuren zijn als louter door het ontbreken van passende keuringsvoorschriften de goede eigenschappen van de nieuwe materialen niet tot hun recht konden komen.

Inleiding

Als isolatiemateriaal voor electrische leidingen neemt rubber — al of niet in combinatie met een textielproduct, zoals katoen — nog steeds een overheersende positie in. Vele jaren lang kon het er inderdaad aanspraak op maken, voor dit doel het meest geschikte materiaal te zijn: het heeft een zeer grote isolatieweerstand, is gemakkelijk te verwerken en weinig kostbaar. Bepaalde ongunstige eigenschappen, als de brandbaarheid en het slecht bestand zijn tegen hoge temperaturen en tegen ultraviolette stralen, moest men op de koop toe nemen. Over de brandbaarheid bijv. denke men niet te gering: fouten in electrische leidingen prijken als nummer 2 op de lijst der oorzaken van brand in woonhuizen! Het is dan ook niet verwonderlijk dat men heeft gezocht naar stoffen met betere eigenschappen dan rubber. Evenmin zal het verbazing wekken dat men hierbij in de eerste plaats heeft gedacht aan de plastica, waarvan zich in de laatste 20 jaar in stormachtig tempo een enorm aantal soorten met een rijke verscheidenheid van eigenschappen heeft ontwikkeld. Een nog veel machtiger stimulans dan het verlangen naar een beter materiaal vormde de oorlogsdreiging in de jaren na 1930, die het nodig maakte rekening te houden met een groot tekort aan rubber in alle industriële landen.

Het resultaat van deze ontwikkeling is een groep tot de plastica behorende isolatiematerialen, die dit gemeen hebben dat de kunsthars polyvinylchloride er het voornaamste bestanddeel van vormt. Voor het overige bevatten zij bijmengsels, die naar hun werking worden aangeduid als weekmakers, stabilisatoren, pigmenten, enz., waarop wij nog zullen terugkomen. Van de aard en de hoeveelheid dezer bijmengsels zijn de eigenschappen van de PVC-materialen [1]) in hoge mate afhankelijk, hetgeen de mogelijkheid opent, ook in dit beperkte gebied der plastica een reeks materialen te vervaardigen die ieder bepaalde gunstige eigenschappen in zich combineren.

Het is op deze wijze gelukt, isolatiematerialen te fabriceren die in vele opzichten verre de voorkeur verdienen boven rubber en die dan ook in

*) N.V. Pope's Draad- en Lampenfabrieken, Venlo.

[1]) Met de afkorting PVC bedoelen wij in dit artikel de gerede isolatiematerialen op basis van polyvinylchloride (dus mèt de bijmengsels); het voluit geschreven woord polyvinylchloride heeft betrekking op de kunsthars zelf.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

steeds toenemende mate worden gebruikt. Niettemin staan sommigen tegenover het gebruik van PVC nog afwijzend, en wel hoofdzakelijk om een van de volgende redenen:

1) PVC zou slechts een rubbersurrogaat zijn, dat alleen reden van bestaan had onder de druk van de oorlogsomstandigheden.

2) Men zou met PVC als isolatiemateriaal nog lang niet genoeg ervaring hebben opgedaan, zodat het gebruik er van op grote schaal te riskant zou zijn.

De onder (1) genoemde mening vindt haar verklaring in de omstandigheid dat er tijdens (en ook nog geruime tijd na) de oorlog een groot tekort was aan goede weekmakers. De slechte reputatie van vele toen gefabriceerde PVC-materialen (bros worden, kleven, slechte isolatie) werkt blijkbaar nog na. Heden ten dage echter is er een ruim voldoende productie van goede weekmakers, waarmee resultaten worden bereikt die men tien jaar geleden nog voor onmogelijk hield. Vrees voor minderwaardige kwaliteit moet nu dan ook volkomen ongerechtvaardigd worden geacht.

Wat het tweede punt betreft (vermeend gebrek aan ervaring), kan worden opgemerkt dat men reeds vóór 1940 zowel in Amerika als in Duitsland uitgebreide onderzoekingen heeft gedaan. Vermelden we bij voorbeeld de in Amerika genomen proef betreffende een met PVC geïsoleerde kabel, die zonder verdere bescherming op 30 cm diepte in de grond werd gelegd en onder een spanning van 115 V werd gezet. Na twaalf jaar waren de eigenschappen van het PVC nog zodanig dat de kabel nog vele jaren dienst had kunnen doen. In Duitsland is het voornamelijk de Rijkspost geweest die gegevens over PVC heeft verzameld. Ook daar heeft men gunstige ervaringen opgedaan (ondanks het gebruik van PVC dat minder goed was dan het Amerikaanse), zowel met in de grond gelegde kabels (1935) als in telefooncentrales die met PVC-draad waren gemonteerd.

Ondervinding op nog veel grotere schaal is in de oorlogstijd zelf opgedaan. Op schepen van de Amerikaanse marine, waar bijzonder hoge eisen aan de onbrandbaarheid worden gesteld, was de ervaring met PVC zo gunstig dat men met dit materiaal geïsoleerd draad ook is gaan gebruiken voor vaste electrische huisinstallaties. Zijn bestandheid tegen mechanische slijtage, fel zonlicht en vocht heeft PVC vooral bewezen bij zijn gebruik voor veldtelefoonlijnen, die los op de grond worden gelegd, vaak op ruw terrein en in een tropisch klimaat.

De afwijzende houding tegenover PVC is ook wel eens een gevolg van het feit dat men er zich onvoldoende rekenschap van heeft gegeven dat elk materiaal moet worden gebruikt op een wijze die past bij zijn eigenschappen. Met name wordt wel eens uit het oog verloren dat PVC thermoplastisch is, dwz. dat het boven een bepaalde temperatuur plastisch vervormbaar is. Mechanische druk, gepaard aan een te hoge temperatuur, kan daardoor aanleiding geven tot kortsluiting. Door het nemen van eenvoudige voorzorgen kan dit gevaar veelal worden vermeden, maar laat men uit onwetendheid of onachtzaamheid zulke maatregelen achterwege, dan bestaat de kans dat het PVC onverdiend een slechte naam krijgt.

Het is de bedoeling van dit artikel aan de eigenschappen en eigenaardigheden van PVC meer bekendheid te geven, in het bijzonder van PVC-producten die door de N.V. Pope's Draad- en Lampenfabrieken worden gefabriceerd — een fabricage die reeds van vóór 1940 dateert — en die onder de naam „Podur" in de handel worden gebracht.

De samenstelling van PVC

Zoals reeds werd gezegd, voegt men voor de bereiding van isolatiematerialen aan de kunsthars polyvinylchloride een aantal stoffen toe die ieder een nader toe te lichten functie hebben. Globaal is de samenstelling van een PVC-mengsel als volgt:

	gew.%
1. polyvinylchloride	100
2. weekmaker(s)	30 - 80
3. stabilisatoren	1 - 10
4. pigmenten	0,1 - 2
5. vulstoffen	0 - 20
6. glijmiddelen	0,5 - 2

Polyvinylchloride

Zuiver polyvinylchloride is een wit poeder, dat ontstaat door polymerisatie [2]) van vinylchloride, $CH_2 = CHCl$. Er zijn verschillende bereidingswijzen van vinylchloride mogelijk; in Nederland wordt een methode toegepast waarvoor wordt uitgegaan van aetheen (afkomstig uit de petroleumindustrie of uit hoogovenbedrijven) en chloor (uit de zoutindustrie), en waarbij in een tussenstadium 1.2-dichlooraethaan optreedt:

$$\underset{\text{aetheen}}{CH_2{=}CH_2} + \underset{\text{chloor}}{Cl_2} \rightarrow \underset{\text{1.2-dichlooraethaan}}{CH_2Cl - CH_2Cl},$$

$$\underset{\text{1.2-dichlooraethaan}}{CH_2Cl - CH_2Cl} \rightarrow \underset{\text{vinylchloride}}{CH_2{=}CHCl} + \underset{\text{zoutzuur}}{HCl}.$$

De tweede stap in dit proces geschiedt door zg. pyrolyse (thermische ontleding).

[2]) Zie bijv. J. C. Derksen en M. Stel, Plastica en hun toepassing in de electrotechnische industrie, Philips techn. T. **11**, 1-10 1949 (No. 1), in het bijzonder blz. 3.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Het verkregen vinylchloride (bij gewone temperatuur en druk een gas, maar hier onder druk tot een vloeistof verdicht) wordt grondig gereinigd en vervolgens onderworpen aan een polymerisatieproces, waarbij talrijke moleculen (molecuulgewicht 62,5) zich aaneenrijen tot lange, draadvormige moleculen met een molecuulgewicht tussen 10 000 en 20 000. Dit betekent dat er 150 tot 300 vinylchloridemoleculen aan elkaar groeien. Een volledig gestrekt molecuul polyvinylchloride kan een lengte van 0,08 μ bereiken.

De op zichzelf reeds vrij gemakkelijk verlopende polymerisatie wordt nog bevorderd door katalysatoren, bijv. benzoylperoxyde of waterstofperoxyde. Ze is exotherm, de grote hoeveelheid vrijkomende reactiewarmte (1300 cal per grammolecuul vinylchloride) moet worden afgevoerd, daar de temperatuur binnen nauwe grenzen moet blijven als men een constant product wil verkrijgen. Technisch is dit alleen goed te doen door de polymerisatie uit te voeren in een waterige emulsie, waarbij ieder gedispergeerd druppeltje vinylchloride is omgeven door een hoeveelheid water, die als koelmiddel werkt. Bovendien heeft deze methode het voordeel dat het polyvinylchloride kan worden verkregen in een op rubberlatex gelijkende vorm, die voor verdere verwerking zeer geschikt is. De polyvinylchloride-latex wordt namelijk met bepaalde coagulatiemiddelen gemakkelijk tot coaguleren gebracht. Met de juiste methode ontstaat het polyvinylchloride hierbij als een poeder, dat zich goed laat uitwassen en drogen. Ook kan de latex als zodanig worden verwerkt.

Weekmakers

Polyvinylchloride, op de beschreven wijze verkregen als een wit poeder, is een thermoplast. Het kan door combinatie van verhitting en druk worden vervormd tot een hoornachtige substantie, die echter slechts voor een klein aantal toepassingen bruikbaar is. Wenst men op rubber gelijkende materialen te vervaardigen, dan moet men een geconcentreerde oplossing maken van polyvinylchloride in niet-vluchtige, in de regel vloeibare, oplosmiddelen, die men weekmakers of plasticeermiddelen noemt.

Het maken van de oplossing, die men zich niet vloeibaar, maar veeleer gel-achtig moet voorstellen, wordt gelatineren genoemd. Dit gebeurt bij verhoogde temperatuur (150-170 °C), hetzij tussen met verschillende snelheid draaiende walsenparen, hetzij in een krachtige kneedmachine, waarvan het kneedsel vervolgens wordt gewalst. In beide gevallen heeft het gegelatineerde mengsel de vorm van een vel van 2 tot 4 mm dikte, dat òf in een roterende snijmachine tot stukjes („chips") wordt gehakt, òf in een extrusiemachine (spuitmachine) tot strengen wordt verwerkt. Met de chips resp. strengen worden, bij gebruik van het materiaal voor draadisolatie, de eigenlijke draadbedekkingsmachines gevoed. Hierover echter later; eerst willen wij nader ingaan op de weekmakers.

Reeds werd er op gezinspeeld dat de kwaliteit van een PVC-product staat of valt met de kwaliteit van de weekmakers. Deze stoffen zijn dan ook van even veel belang als het polyvinylchloride zelf. Zij moeten voldoen aan talrijke, soms tegenstrijdige eisen. Een van de belangrijkste hiervan noemden wij reeds: een weekmaker mag niet vluchtig zijn, anders zou hij geleidelijk uit het PVC-materiaal verdampen, dat dan — vooral bij hoge temperatuur — hard en bros zou worden. Men heeft dit kunnen constateren aan bepaalde PVC-soorten uit de oorlogsjaren, waarin als weekmaker het vrij vluchtige dibutylphthalaat was gebruikt. Tegenwoordig zijn in voldoende hoeveelheden weekmakers verkrijgbaar waarbij dit gebrek in het geheel niet optreedt, bijv. tricresylfosfaat.

Behalve door verdamping kan een minder goede weekmaker nog op verscheidene andere manieren uit het PVC-materiaal verdwijnen, waardoor evenzeer de duurzaamheid van dit laatste in gevaar wordt gebracht. Sommige weekmakers bij voorbeeld ontleden (door hoge temperatuur of door een grote relatieve vochtigheid, zoals in de tropen voorkomen, en ook door de werking van ultraviolette straling), of wel zij kunnen, als het PVC met een ander plasticum of met olie in aanraking is, door migratie hierin overgaan.

Dit laatste verschijnsel wordt beheerst door de beweeglijkheid van de weekmaker en door de mate waarin het contact makende plasticum de betwiste weekmaker begeert. Wij komen hierop nog terug.

Stabilisatoren

Polyvinylchloride bevat meer dan 50 gew.% chloor. Het is dus niet verwonderlijk dat bij hoge temperatuur HCl kan worden afgescheiden. Dit proces is autokatalytisch: het gevormde HCl begunstigt de afscheiding van nog meer HCl. Het is daarom van belang deze afscheiding reeds in het begin onschadelijk te maken. Men kan dit doen door een stof (stabilisator) toe te voegen die HCl in een onwerkzame vorm bindt, bij voorbeeld loodstearaat. Dank zij zulk een stabilisator kan PVC lange tijd temperaturen tot 150 °C verdragen zonder nadelige gevolgen.

Andere stoffen dienen als stabilisator tegen de werking van ultraviolette straling. Zowel de weekmaker als het polyvinylchloride zelf kunnen door geschikte stabilisatoren zeer weinig gevoelig voor deze straling worden gemaakt. In het bestek van dit artikel kunnen wij op het mechanisme van dit proces niet ingaan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Pigmenten

Het feit dat PVC in talrijke sprekende kleuren en kleurencombinaties kan worden gefabriceerd, is een niet te onderschatten voordeel voor de practijk. Niet alleen bij de machtige draadbundels die het zenuwstelsel van een telefooncentrale vormen, doch ook reeds in radio- en soortgelijke toestellen, heeft men er groot nut van dat, dank zij de kleuren, de verschillende electrische ketens gemakkelijk zijn te onderscheiden.

Aanvankelijk kleurde men door middel van dezelfde pigmenten als worden gebruikt voor het kleuren van rubber, maar tegenwoordig neemt men bij voorkeur speciaal ontwikkelde kleurstoffen met grotere dispergeerbaarheid, die tevens beter bestand zijn tegen warmte en licht.

Door een bepaalde wijze van extrusie (dit is het straks te bespreken spuitproces, volgens hetwelk het PVC om het te isoleren draad wordt aangebracht) of van nabewerking is het mogelijk een draad met een tweede kleur te markeren, waardoor het aantal te onderscheiden ketens nog aanzienlijk wordt uitgebreid.

Vulstoffen

Bepaalde soorten klei, in kleine hoeveelheden toegevoegd, verbeteren het isolatievermogen en het tegen warmte bestand zijn van het PVC. Bovendien hebben dergelijke vulstoffen het voordeel dat hun geringe prijs de kostprijs verlaagt, maar de fabrikant mag zich hierdoor niet laten verleiden ze in grote hoeveelheden te gebruiken, aangezien dan de kwaliteit van het eindproduct sterk zou achteruitgaan. Hetzelfde is het geval indien men andere vulstoffen gebruikt, zodat ook hier een nauwgezette contrôle geboden is.

Glijmiddelen

Als laatste van de bijmengsels noemen we nog de glijmiddelen, die worden toegevoegd om het extruderen te vergemakkelijken. Hun werking berust op de eigenschap dat zij niet goed met de andere bestanddelen mengbaar zijn. Zij vormen aan de buitenkant van de massa een laagje, dat als smeermiddel dient. Deze laagvorming, die direct contact tussen de persmassa en de hete metalen wand van de extrusiemachine voorkomt, heeft als bijkomstig voordeel dat de kans op ontleding en verkleuring kleiner is en dat het geëxtrudeerde materiaal een fraaiere glans aanneemt.

Als glijmiddelen worden o.m. zouten van vetzuren gebruikt (magnesiumstearaat, calciumstearaat), en ook wel eens paraffine, in hoeveelheden van 0,5 tot 2%.

Eigenschappen van PVC

Na dit globale overzicht van de bestanddelen van PVC-mengsels willen wij wat nader ingaan op de eigenschappen van PVC en op de wijze waarop deze afhankelijk zijn van de aard en de hoeveelheid der bijmengsels. In het algemeen kan de opmerking worden gemaakt dat alle bijmengsels invloed hebben op de kwaliteit van het eindproduct; wel heel sterk geldt dit voor de weekmakers, soms eveneens voor de pigmenten, en zelfs ook nog enigermate voor de hulpstoffen die bij de bereiding van het polyvinylchloride zelf worden gebruikt (emulgatoren, katalysatoren, coaguleermiddelen). Enerzijds is de talrijkheid van de invloeden een gunstige factor, daar er de mogelijkheid uit voortvloeit een grote verscheidenheid van producten te vervaardigen, anderzijds volgt er uit dat voor het bereiden van een product met bepaalde eigenschappen een uitgebreid onderzoek en een strenge contrôle van het fabricageproces onvermijdelijk zijn.

Wij zullen de eigenschappen van PVC verdelen in mechanische eigenschappen, electrische eigenschappen, en bestandheid tegen veroudering, vocht en diverse chemicaliën.

Mechanische eigenschappen

Bij de bespreking van de bijmengsels die invloed hebben op de mechanische eigenschappen van PVC zullen we ons hier beperken tot dat hetwelk — zoals uit de naam blijkt — het belangrijkste is: de weekmaker.

In het algemeen geldt de regel dat een dik vloeibare weekmaker een harder PVC oplevert dan een, in gelijke concentratie gebruikte, dunnere weekmaker. Er komen echter vrij veel uitzonderingen op deze regel voor: van meer belang dan de viscositeit van de weekmaker is soms het solvaterend vermogen, d.i. het vermogen een verbinding aan te gaan met de moleculen van het polyvinylchloride. Er bestaan bijv. dik vloeibare, harsachtige, maar goed solvaterende weekmakers die een verrassend soepel PVC opleveren.

Naarmate het gehalte aan een bepaalde weekmaker groter wordt, nemen de hardheid, de elasticiteitsmodulus, de trekvastheid en de stijfheid van het PVC af; de rek bij breuk daarentegen neemt toe. *Fig. 1* geeft hiervan een voorbeeld.

Temperatuurverhoging vergroot de beweeglijkheid van de moleculen, waardoor het materiaal zachter, soepeler en minder sterk wordt, en de vervorming meer en meer een plastisch karakter aanneemt. *Fig. 2* laat zien hoe de stijfheid [3]) van PVC met

[3]) Gemeten volgens het voorschrift D 747-43 T van de American Society for Testing Materials.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

verschillende weekmakers van de temperatuur afhangt. Het is duidelijk dat een weekmaker als dioctylsebacinaat in dit opzicht gunstiger is dan bijv. tricresylfosfaat.

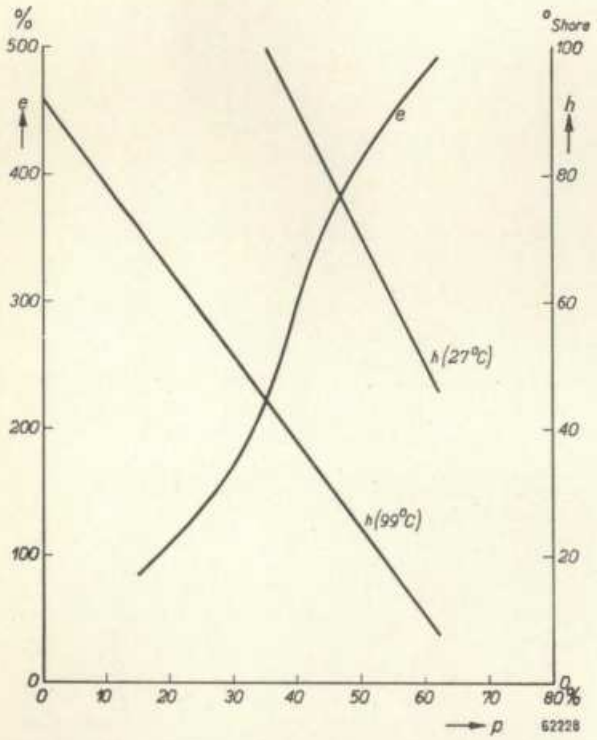

Fig. 1. De rek e waarbij juist breuk optreedt, en de hardheid h uitgedrukt in °Shore, van een bepaalde soort „Podur", als functie van het gehalte p aan weekmaker (p in gew. % van de hoeveelheid polyvinylchloride).

Dat de meeste mechanische eigenschappen van PVC een functie zijn van de temperatuur, is in hoofdzaak een gevolg van het feit dat de viscositeit van het mengsel afhangt van de temperatuur. Over deze afhankelijkheid bestaat een uitgebreide literatuur [4]). In het algemeen geldt, dat de afhankelijkheid van de temperatuur groter wordt naarmate de weekmaker een meer aromatisch karakter heeft. Aromatische weekmakers zijn bijv. dioctylphthalaat, tricresylfosfaat en dibenzylphthalaat. Daarentegen verandert bij esters met lange alifatische ketens, als dioctylsebacinaat, trioctylfosfaat, butylacetylricinoleaat, de viscositeit slechts weinig met de temperatuur.

In vergelijking met rubber dat voor isolatie wordt gebruikt, wint PVC het in slijtvastheid en scheurvastheid. Vandaar dat bijv. in Amerika voor veldtelefoonlijnen („assault wire") rubber volkomen door PVC is verdrongen.

Duggan heeft de slijtvastheid van PVC vergeleken met die van rubber, door met schuurpapier bedekte segmenten onder een bepaalde druk over het te onderzoeken materiaal te slepen. Hierbij is gebleken dat de slijtvastheid van PVC groter is naarmate het meer weekmaker bevat. Uit de getallen van Duggan kan worden afgeleid dat de slijtvastheid van onze, voor isolatie gebruikte soorten „Podur" 75 tot 100% groter is dan die van een zg. standaardrubbermengsel (volgens voorschrift D 395-40 van de American Society for Testing Materials).

Wat andere eigenschappen betreft, staan goede PVC-soorten gelijk met, of benaderen zij dicht, de goede rubbersoorten. Uit *tabel I* blijkt, dat de

Tabel I. Enkele mechanische eigenschappen [5]) van soepele PVC-soorten.

Trekvastheid bij normale temp. . . .	$10 \cdot 10^6$-$25 \cdot 10^6$ N/m² [6]) (100-250 kg/cm²)
Stijfheidsmodulus bij normale temp.	$3{,}5 \cdot 10^6$-$200 \cdot 10^6$ N/m² (35-2000 kg/cm²)
Hardheid bij normale temp.	60-200 °Shore
Rek bij breuk bij normale temp. . .	100-500 %
Blijvende vervorming onder drukbelasting van $7 \cdot 10^5$ N/m² (7 kg/cm²), bij 70 °C	10-15 %

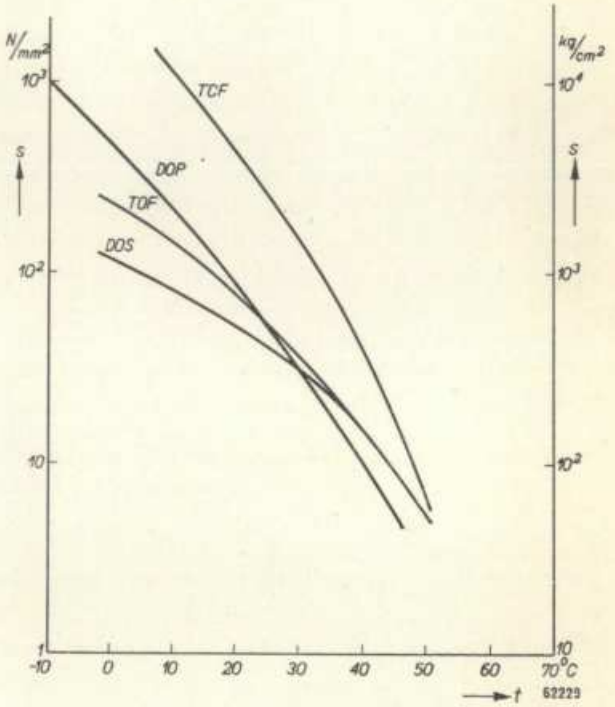

Fig. 2. De stijfheidsmodulus [3]) s van bepaalde soorten „Podur" met verschillende weekmakers (steeds met een gehalte $p = 40\%$), als functie van de temperatuur t. *TCF* = tricresylfosfaat, *DOP* = dioctylphthalaat, *TOF* = trioctylfosfaat, *DOS* = dioctylsebacinaat. Voor de schaal links zie noot [6]).

[4]) Zie bijv.: H. Jones, Trans. Inst. Rubber Ind. **21** 298-322, 1946; E. M. Bried, H. F. Kidder, C. M Murthy en W. A. Zisman, Ind. Eng. Chem. **39**, 484-497, 1947; R. T. Sanderson, Ind. Eng. Chem. **41** 368-374, 1949 (No. 2).

[5]) Bepaald volgens de voorschriften van de American Society for Testing Materials.

[6]) 1 N = 1 newton = 10^5 dyne ≈ 0,1 kg-kracht.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

meeste eigenschappen vatbaar zijn voor aanzienlijke variatie. Men bedenke echter dat de vermelde waarden niet willekeurig kunnen worden gecombineerd; een grote rek bijv. kan niet samengaan met een grote hardheid.

Electrische eigenschappen

De voornaamste electrische eigenschappen zijn het geleidingsvermogen, de diëlectrische constante, de verlieshoek en de doorslagvastheid.

De geleiding van PVC moet worden toegeschreven aan de aanwezigheid van ladingsdragers, zoals ionen, die zich over relatief grote afstanden kunnen verplaatsen. Het geleidingsvermogen wordt groter naarmate de ionen talrijker en beweeglijker zijn, dwz. naarmate het polyvinylchloride en de weekmaker meer van bepaalde verontreinigingen bevatten en naarmate het gehalte aan weekmaker groter en de temperatuur hoger is.

Onderzoekingen die betrekking hebben op potentialen aan de grensvlakken tussen inhomogene gebieden in PVC hebben de vraag doen rijzen of PVC dat aan gelijkspanning is blootgesteld, op den duur niet in eigenschappen verandert. Inderdaad heeft Würstlin [7]) geconstateerd dat een zeer verdunde oplossing van polyvinylchloride in verschillende weekmakers zich onder invloed van een langdurig aangelegde gelijkspanning splitst in twee lagen, waarvan de ene arm en de andere rijk aan weekmaker is. Doch hierbij moet worden aangetekend dat Würstlin bij zijn proeven polyvinylchloride heeft gebruikt dat als gevolg van de fabricagemethode verontreinigingen bevatte waardoor het in electrisch opzicht minder goed was.

Bij in dit opzicht goede soorten PVC, zoals „Podur", is het geleidingsvermogen zo gering dat men ook na tientallen jaren geen verandering kan verwachten. In navolging van de reeds vermelde Amerikaanse en Duitse proeven hebben wij met „Podur" draad levensduurproeven gedaan. Noch met 600 V gelijkspanning, noch met 220 V wisselspanning, kon ook op de lange duur enige structuurverandering in het isolatiemateriaal worden waargenomen, hetgeen, gezien de hoge isolatieweerstand, ook te verwachten was.

Behalve de weekmakers hebben ook de pigmenten een grote invloed op de weerstand van PVC; sommige kunnen zelfs al in een concentratie van 0,5 % de isolatie met een factor 10 of zelfs 100 verkleinen.

Fig. 3 en 4 geven voor een bepaald geval een indruk van de wijze waarop de soortelijke weerstand van PVC afhangt van de temperatuur en van het gehalte aan weekmaker. In fig. 3 is ook een kromme voor een goede kwaliteit rubber getekend. Men ziet dat deze kromme een soortgelijke afhankelijkheid van de temperatuur vertoont als die voor PVC; wel ligt zij hoger, maar voor bijna alle practische gevallen is de isolatieweerstand van PVC meer dan voldoende.

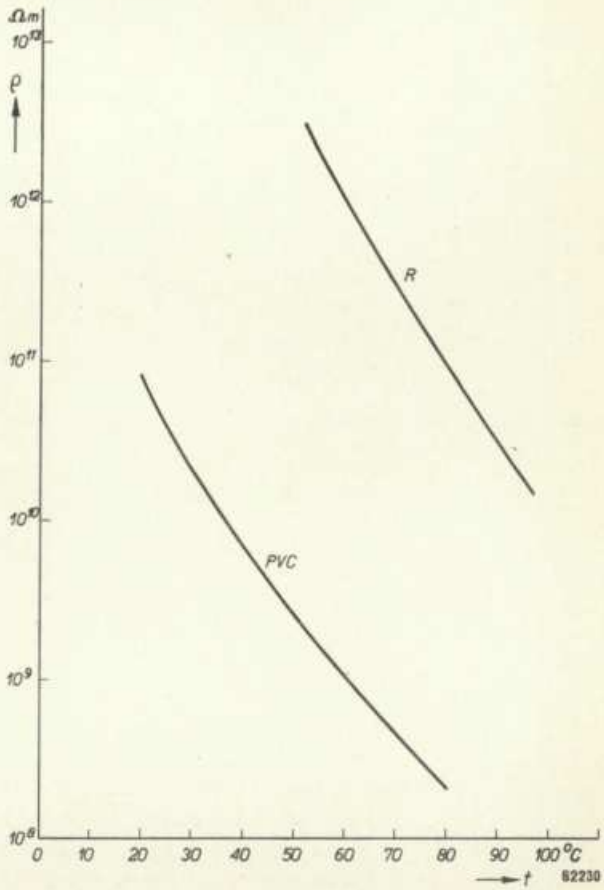

Fig. 3. Soortelijke weerstand ϱ van een soepele PVC-soort (*PVC*) en van rubber (*R*) met vergelijkbare soepelheid, als functie van de temperatuur *t*.

De diëlectrische eigenschappen van PVC zijn typisch die van een polair plasticum. Vooral de polyvinylchloride-moleculen bevatten in grote getale dipolen, i.c. bindingen tussen koolstof- en chlooratomen. Wordt het PVC blootgesteld aan een electrisch wisselveld, dan kunnen, als gevolg van hun beperkte beweeglijkheid, de dipolen de telkens wisselende veldrichting slechts met een zekere vertraging volgen (nawerktijd [8])). Met deze vertra-

[7]) F. Würstlin, Kunststofftechnik **11**, 269-272, 1941.

[8]) Zie J. L. Snoek en F. K. du Pré, Enige nawerkingsverschijnselen en daarmee samenhangende verliezen in wisselvelden, Philips techn. T. **8**, 57-64, 1946, en M. Stel en E. C. Witsenburg, Verhitting door hoogfrequente velden, II. Capacitieve verhitting, Philips techn. T. **11**, 236-234, 1949 (No. 8), in het bijzonder de paragraaf „Aard der diëlectrische verliezen".

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ging correspondeert een fazeverschuiving δ tussen de veldsterkte en de diëlectrische verplaatsing, dwz. er treden in het diëlectricum verliezen op.

Voor het eenvoudige geval dat men met slechts één nawerktijd τ heeft te maken, kan men berekenen dat $\operatorname{tg}\delta$ als functie van de frequentie f van het wisselveld een maximum heeft bij $f = 1/(2\pi\tau)$. Bij de meeste stoffen echter treden verscheidene nawerktijden op, die bovendien op onderling verschillende wijze afhangen van de temperatuur.

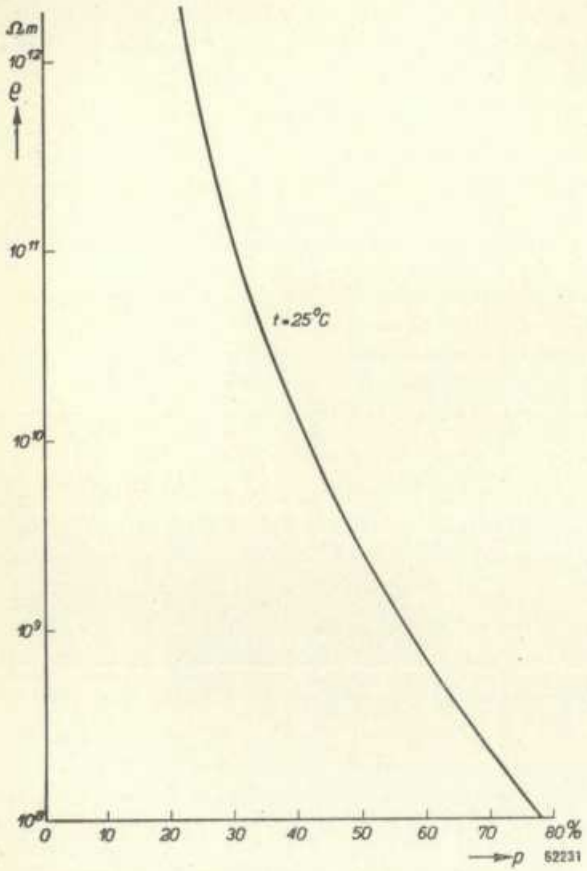

Fig. 4. Soortelijke weerstand ϱ van een PVC-soort als functie van het gehalte p aan weekmaker, bij 25 °C.

De omstandigheden kunnen zo zijn dat bij een bepaalde temperatuur $\operatorname{tg}\delta$ in een brede frequentieband slechts weinig verandert, bij andere temperaturen echter een of meer maxima vertoont. Dit is wat men inderdaad bij PVC waarneemt (*fig. 5*).

Een minder grillig beeld vertoont de diëlectrische constante, die met toenemende frequentie geleidelijk afneemt, met toenemende temperatuur geleidelijk groter wordt (*fig. 6*).

Uit de figuren 5 en 6 volgt, dat PVC in het algemeen niet geschikt is als isolatiemateriaal in afgestemde kringen: $\operatorname{tg}\delta$ (in de orde van 0,1) en de relatieve diëlectrische constante (gemiddeld ongeveer 5) zijn beide te groot en te sterk afhankelijk van de temperatuur. Door een andere keuze van weekmaker kan men in dit opzicht weinig veranderen; de diëlectrische verliezen zijn namelijk in hoofdzaak te wijten aan de chloor-koolstof-dipolen van het polyvinyl-

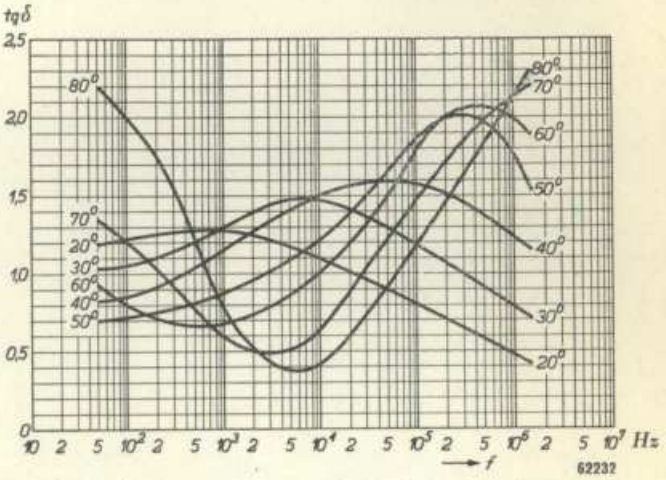

Fig. 5. Verliesfactor $\operatorname{tg}\delta$ van „Podur" als functie van de frequentie f, bij verschillende temperaturen t (20-80 °C).

chloride zelf. Deze dipolen zijn veel talrijker dan die van de in aanmerking komende weekmakers, zodat het gebruik van een nog minder polaire weekmaker weinig zou baten.

De doorslagvastheid (spanningsgradient waarbij juist doorslag optreedt) is in *fig. 7* als functie van de temperatuur uitgezet. Men ziet dat ze bij toenemende temperatuur kleiner wordt en dat ze voor gelijkspanning groter is dan voor wisselspanning (ook als men rekent met de top van de wisselspanning).

Bestandheid tegen veroudering, vocht en chemicaliën

Het polyvinylchloride-molecuul is zeer goed bestand tegen vele anorganische zuren, alkaliën en zout-

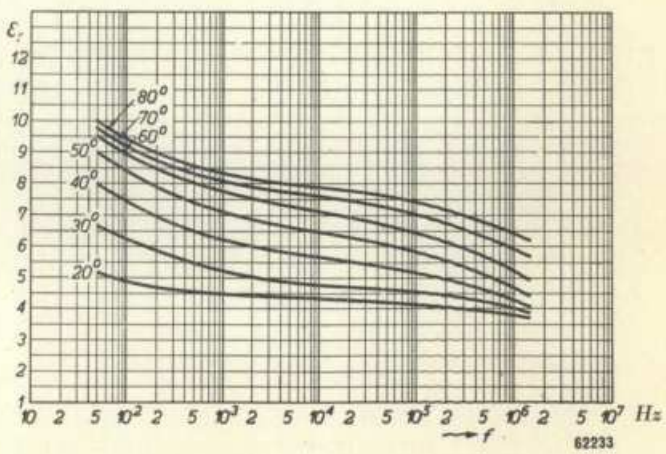

Fig. 6. Relatieve diëlectrische constante ε_r van „Podur" als functie van de frequentie f, bij verschillende temperaturen t (20-80 °C).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

oplossingen. Tevens is het molecuul verzadigd, dwz. het bevat geen dubbele bindingen (in tegenstelling bijv. tot rubber). Dit laatste is gunstig wat de duurzaamheid betreft, maar anderzijds betekent het, dat polyvinylchloride niet op de klassieke wijze kan worden gevulcaniseerd [9]).

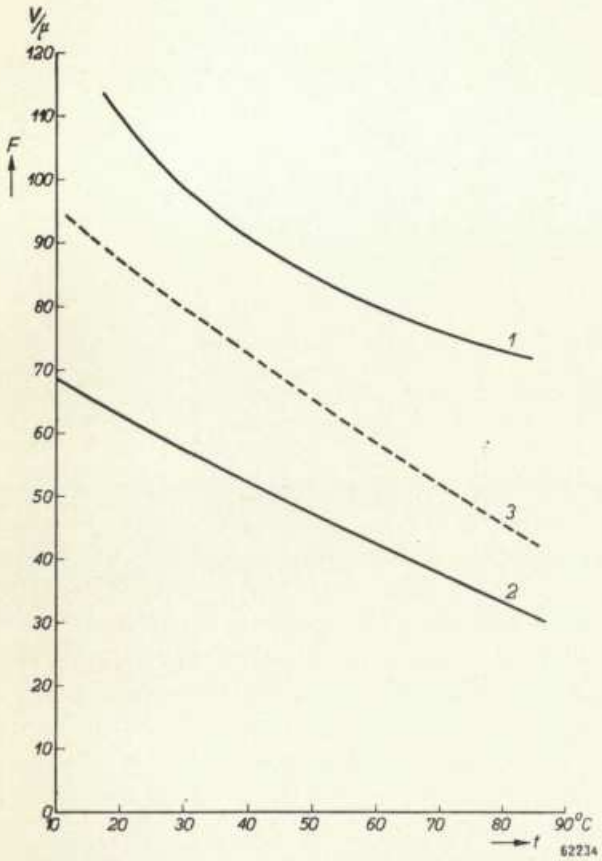

Fig. 7. Spanningsgradient F waarbij in „Podur" juist doorslag optreedt, als functie van de temperatuur t. Kromme *1* geldt voor gelijkspanning, krommen *2* en *3* voor wisselspanning van 50 Hz (*2* geeft de effectieve waarde, *3* de topwaarde van F aan). Bij de metingen werd de gradient telkens in 20 sec tot de doorslagwaarde opgevoerd.

Meer gevaar bestaat er van de kant der bijmengsels. Mits deze goed zijn gekozen, is PVC bestand tegen zuurstof en ozon in concentraties waarbij rubber zeer snel veroudert. Onder invloed van ultraviolette stralen bestaat enig gevaar van ontleden. Zoals we al hebben vermeld, kan dit worden tegengegaan door het toevoegen van bepaalde stabilisatoren. De juiste keuze van deze stoffen is zeer afhankelijk van de zuiverheid van de weekmaker en de aard der pigmenten.

[9]) Onder klassiek vulcaniseren wordt verstaan het omzetten van dubbele bindingen in enkele bindingen terwijl de vrijkomende valenties worden gebruikt om met behulp van zwavel zg. dwarsbruggen naar naburige moleculen te vormen. Door het vulcaniseren vermindert het thermoplastische karakter van het materiaal.

Van de onbrandbaarheid van PVC — een zeer belangrijk voordeel in vergelijking met rubber! — hebben wij in de inleiding al melding gemaakt.

De meeste weekmakers zijn esters, en uit dien hoofde verzeepbaar (onder verzeping wordt verstaan de terugvorming van de alcohol en het zuur waaruit de ester werd opgebouwd). Het verzepen levert vluchtige producten met ongunstige electrische eigenschappen. Het geschiedt bij de verschillende weekmakers met zeer uiteenlopende snelheden. Tricresylfosfaat bijv. verzeept zeer langzaam, maar heeft de eigenschap dat de er mee vervaardigde PVC-soorten niet zo goed tegen licht bestand zijn als die met phthalaten.

Sommige organische stoffen doen in PVC een meer of minder sterke zwelling optreden. Na verdamping van het zwelmiddel herkrijgt het PVC zijn oorspronkelijke vorm en mechanische sterkte. Van deze eigenschap wordt gebruik gemaakt om voorwerpen te voorzien van een beschermende laag: een geëxtrudeerde buis van PVC laat men zwellen in aceton, dat een zeer sterke zwelwerking heeft; de aldus verwijde buis wordt over het voorwerp geschoven. Nadat het zwelmiddel is verdreven, krimpt de PVC-buis om het voorwerp vast en vormt een sterke, fraaie deklaag.

Tegen vocht is PVC van goede kwaliteit uitstekend bestand. Langdurig verblijf in water of in de grond heeft op de electrische en mechanische eigenschappen nagenoeg geen invloed, getuige bijv. de in de inleiding genoemde kabel, die na twaalf jaar in de grond te hebben gelegen nog in zeer goede toestand verkeerde.

Het bestand zijn tegen vocht betekent niet, dat PVC in het geheel geen water zou doorlaten. Voor een kabel die slechts bestaat uit een of meer aders en PVC-isolatie, is het binnendringen van vocht — wat trouwens slechts in zeer geringe mate geschiedt — volkomen onschadelijk. Anders is het bij een kabel waarvan de aders onderling zijn geisoleerd door een hygroscopisch materiaal als papier; daar mag men de gebruikelijke waterdichte loodmantel zeker niet klakkeloos vervangen door PVC. Terloops zij hier opgemerkt dat er kunststoffen bestaan op basis van polyaetheen of van polyisobuteen die minder vocht doorlaten dan PVC, doch de bespreking hiervan valt buiten het bestek van dit artikel.

Vermelding verdient ook het feit dat PVC en koper elkaar niet aantasten, zodat men PVC zonder bezwaar onmiddellijk op blank koperdraad kan aanbrengen. Dit in tegenstelling tot rubber: rubber en koper tasten elkaar sterk aan, reden waarom men deze beide gescheiden moet houden, bijv. door vertind koperdraad te gebruiken. Wegens

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

het gemakkelijk solderen wordt echter soms ook bij PVC vertind koperdraad gebruikt, bijv. in „Podur" montagedraad.

Wij noemden reeds het feit dat bij contact van PVC met bepaalde plastica migratie van de weekmaker kan optreden. Dit verschijnsel kan zowel voor het PVC als voor de contactstof schadelijk zijn (welke van beide het meest schade ondervindt, hangt in de eerste plaats af van de relatieve hoeveelheden). Het doet zich sterk voor bij contact met polystyreen [10]) en met cellulosenitraat, vooral met de soorten van deze laatste stof die een klein molecuulgewicht hebben, zoals het cellulosenitraat dat wordt verwerkt in lak waarmee artikelen als metalen lamparmaturen, houten radiokasten e.d. worden bespoten. In ongunstige gevallen kan reeds in korte tijd zoveel weekmaker migreren dat het PVC sterk aan de lak gaat kleven, waardoor het in mechanische sterkte achteruitgaat.

De remedie tegen de weekmakermigratie bestaat in het gebruik van weekmakers met minder verplaatsbare, dwz. zwaardere, moleculen. Zo is bijv. gevonden dat polyesters aanzienlijk minder migreren dan niet-gepolymeriseerde weekmakers.

Tabel II geeft vergelijkende getallen over de migratie van verschillende weekmakers naar enige met het PVC in aanraking zijnde plastica. Men ziet, dat een verbetering ten aanzien van een bepaald plasticum nog geen verbetering voor andere plastica behoeft te zijn: trioctylfosfaat bijv. wordt weinig opgenomen door polystyreen, echter in sterke mate door cellulosenitraat.

Tabel II. Vergelijkende getallen aangaande de migratie van verschillende weekmakers uit PVC naar verschillende er mee in aanraking zijnde plastica. De weekmakers zijn gerangschikt volgens afnemende migratie naar polystyreen.

Weekmaker	Plasticum in contact met PVC			
	polystyreen	cellulosenitraat	celluloseacetaat	aethylcellulose
dibutylsebacinaat	170	140	38	55
cresyldiphenylfosfaat	168	253	16	41
dioctylsebacinaat	163	113	0	21
benzylbutylphthalaat	159	158	18	19
tricresylfosfaat	105	154	3	0
dibutylphthalaat	91	162	74	50
dioctylphthalaat	78	88	70	7
trioctylfosfaat	43	270	18	19
polyester 3	22	76	0	0
polyester 1	14	51	5	0
polyester 2	0	121	1	0

[10]) Polystyreen is meer bekend onder allerlei handelsnamen, als „Distrene", „Lustrex", „Lustron", „Styron", „Trolitul", enz.

Opgemerkt zij nog dat er ook plastica zijn — polytheen is er een voorbeeld van — die uit het PVC schijnbaar in het geheel geen weekmaker opnemen, althans niet in langs chemische weg aantoonbare hoeveelheid. Een gestadig toenemen van de dielectrische verliezen bewijst echter onmiskenbaar dat er toch wel degelijk iets gebeurt. Een typisch voorbeeld hiervan vindt men bij kabels die aanvankelijk in de radartechniek werden gebruikt. Deze kabels hadden een diëlectricum van polytheen en een beschermende mantel van „gewoon" PVC (met lichte weekmakers). Men constateerde dat de verliezen in deze kabels voortdurend opliepen en ten slotte ontoelaatbaar groot werden. Toen men overging op kabels, voorzien van een PVC-mantel waarin uitsluitend zware weekmakers waren verwerkt, bleek het euvel overwonnen te zijn.

Hetgeen hierboven werd gezegd over de migratie naar plastica is in hoofdzaak ook van kracht voor de migratie naar olie. Olie is niet in staat polyvinylchloride zelf aan te tasten of op te lossen, maar wel om op den duur weekmakers te extraheren. Ook hier wordt een grote verbetering verkregen als men overgaat op weekmakers met zware moleculen, bijv. polyesters, synthetische rubbersoorten, enz.

Ten slotte nog enkel woorden over de tropenvastheid. Uit het gedrag van PVC bij vocht, verhoogde temperatuur en ultraviolette straling mag worden geconcludeerd dat de goede soorten PVC met recht tropenvast mogen worden genoemd. Wanneer men de thermoplastische eigenschappen niet uit het oog verliest en slechts isolatie gebruikt waarin geen katoen of rayon is verwerkt, welke textielsoorten in de tropen snel te gronde gaan, betekent PVC hier een enorme vooruitgang in vergelijking met rubber. De goede ervaringen met „Podur" in Indonesië bevestigen deze uitspraak.

Ter illustratie van het feit dat de aangehaalde zwakke punten van PVC bij lange na niet opwegen tegen de sterke punten, zij hier het geval vermeld van een Amerikaanse fabriek waarin wordt gewerkt met zeer agressieve stoffen, o.a. natronloog, zoutzuur, chloor, zwavelzuur. Ook heersen in de fabriek soms zeer hoge of zeer lage temperaturen en een grote vochtigheid, omstandigheden die niet bepaald gunstig zijn om een electrische installatie een lange levensduur te geven. De electrische leidingen in deze fabriek liggen in kanalen, die in de betonnen vloeren zijn uitgespaard. Zij zijn geïsoleerd met PVC; wegens een destijds heersend tekort aan dit materiaal werd echter ten dele ook rubber gebruikt. Binnen een jaar begonnen de rubberkabels reeds moeilijk-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

heden op te leveren, zodanig dat zij moesten worden vervangen. De PVC-kabels hebben na drie jaar nog geen storingen vertoond.

Het bedekken van draad met PVC

In het voorgaande werd beschreven hoe PVC wordt verkregen in de vorm van stukjes of van strengen, waarmee de draadbedekkingsmachines worden gevoed. Deze machines berusten, evenals die welke de strengen leveren, op het spuit- of extrusieprincipe. In *fig. 8* is zulk een draadbedekkingsmachine in doorsnede afgebeeld. Een transportschroef draait in een verwarmde cylinder en voert het PVC van de vulopening naar de zg. dwarskop. Tijdens deze verplaatsing wordt het materiaal geleidelijk op hogere temperatuur gebracht, zodanig dat het de dwarskop bereikt in plastische toestand. In de dwarskop stroomt het om een holle pen heen, doorn of torpedo genaamd, waardoorheen het te bedekken draad (al of niet vertind koperdraad) wordt gevoerd. De punt van de doorn reikt juist tot in het mondstuk van de dwarskop. In dit mondstuk komt de bedekking tot stand. Door middel van stelschroeven kan de doorn nauwkeurig concentrisch ten opzichte van het mondstuk worden geplaatst, zodat de isolerende laag overal even dik wordt. *Fig. 9* is een foto van zulk een machine.

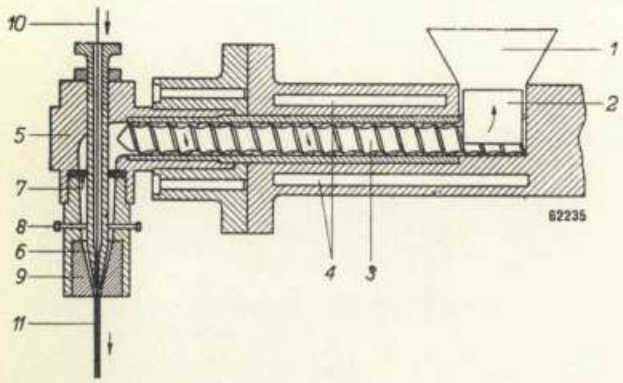

Fig. 8. Schematische doorsnede van een draadbedekkingsmachine. *1* vulopening, *2* wals die de stukjes PVC naar de transportschroef *3* voert, *4* kanalen waarin zich verwarmingselementen bevinden, *5* dwarskop (met doorn *6*, filterplaat *7*, centreerpennen *8* en mondstuk *9*), *10* onbedekte, *11* met isolatie bedekte geleider.

Bij deze machine dient men te letten op het juiste temperatuurverloop van het aangevoerde PVC. Als de temperatuur te laag is, wordt het oppervlak van de geïsoleerde draad ruw en voldoet de isolatie niet meer aan de straks te beschrijven proef op warmtevastheid. Is de temperatuur te hoog, dan ziet de draad er ook niet fraai uit; bovendien bestaat dan het gevaar van ontleding. Ook in dode hoeken, waar het materiaal lange tijd aan een vrij hoge temperatuur is blootgesteld, treedt ontleding op. Van belang is daarom de afwezigheid van „dode hoeken", waarin het PVC te lang zou verblijven.

Het geproduceerde draad moet worden onderzocht op excentriciteit. Voor de draadsoorten waarbij een kleine excentriciteit geen kwaad kan, wordt als eis gesteld dat de doorslagspanning nergens beneden een bepaalde grens mag dalen. In de contrôlemachine wordt het draad met grote snelheid door een zoutoplossing geleid, waarbij een hoge spanning (bijv. 6000 V) tussen dit bad en de ader komt te staan. Treedt er doorslag op, dan wordt de contrôlemachine automatisch stop gezet, en wel zo snel dat de foutieve plek de opspoelklos nog niet heeft bereikt en dus gemakkelijk kan worden opgespoord.

Bij draad dat voor telefoonkabels is bestemd is een fijnere contrôle nodig. Reeds een geringe excentriciteit veroorzaakt in de kabel capacitieve asymmetrieën, die overspreken ten gevolge hebben. Voor de contrôle is een toestelletje ontwikkeld waar het draad, rechtstreeks van de bedekkingsmachine komende, doorheen loopt en dat ook een geringe excentriciteit direct kenbaar maakt. Met de bovengenoemde stelschroeven van de doorn kan men deze dan tot nul reduceren, zonder de bedekkingsmachine te stoppen. Dit is een groot voordeel, want op deze wijze gaat de fabricage ononderbroken door. Bij stilzetten van de machine, zoals bij een vroegere contrôlemethode gebeurde, bestond bovendien het gevaar dat het in de machine aanwezige PVC door een te lang verblijf op hoge temperatuur ging ontleden; was dit proces eenmaal begonnen, dan had het de neiging in steeds sneller tempo voort te schrijden, waardoor al spoedig een grondige reiniging van de gehele machine noodzakelijk werd.

Contrôles die het draad verder nog ondergaat, komen in het volgende hoofdstuk ter sprake.

Indien men de blanke draad weglaat en de doorn iets door het mondstuk heen laat steken, produceert de machine, zoals duidelijk is, een buis. Op deze wijze wordt montagekous gefabriceerd.

Overzicht van de „Podur" producten

Zonder te streven naar de volledigheid van een catalogus, geven wij in hetgeen hier volgt een overzicht van de belangrijkste „Podur" producten, met vermelding van hun toepassingsgebied en van de voornaamste eisen waaraan in elk bijzonder geval moet zijn voldaan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

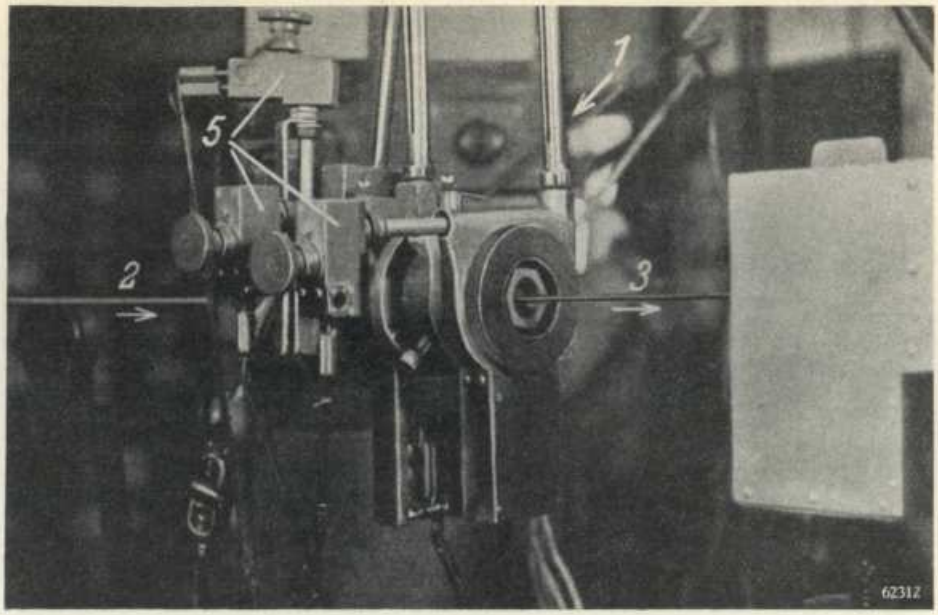

Fig. 9. Foto van een draadbedekkingsmachine, die niet met „chips", maar met een streng PVC (*1*) wordt gevoed. *2* is het blanke, *3* het met PVC bedekte draad; het laatste wordt in *4* gekoeld. *5* zijn temperatuurregelaars.

Montagedraad en -snoer

In zijn eenvoudigste vorm bestaat „Podur" montagedraad uit vertind koperdraad met één isolerende laag PVC. Met een laagdikte van 0,4 tot 0,6 mm kan worden volstaan om het draad te laten voldoen aan alle eisen die aan draad voor bedrijfsspanningen tot 1000 V wisselspanning of 1500 V gelijkspanning door de Materiaalkeuring van Philips worden gesteld. Het zou veel te ver voeren al deze eisen te bespreken, maar enkele er van mogen hier worden vermeld.

1. Na een verblijf van 24 uur in water van 20 °C moet
   a) de doorslagspanning, gemeten in kwik, groter zijn dan 7000 V wisselspanning (effectieve waarde). (In werkelijkheid ligt zij in de buurt van 20 000 V), en moet
   b) de isolatieweerstand van 1 meter draad bij 20 °C meer dan 100 MΩ, bij 70 °C meer dan 1 MΩ bedragen.
2. Na een verblijf van twee uur in een gesloten ruimte bij 140 °C mag de isolatie geen barsten of scheuren vertonen en moet de doorslagspanning bij 20 °C groter zijn dan 7000 V wisselspanning.

De onder (2) genoemde eis zou tot de verkeerde conclusie kunnen leiden dat men dit draad ook bij 140 °C mag gebruiken. Hoewel de eigenschappen van PVC, nadat het weer kamertemperatuur heeft aangenomen, onveranderd zijn, is een hoge temperatuur in bedrijf niet toelaatbaar wegens het zacht worden van het PVC, dat dan al door een geringe kracht wordt weggedrukt. De proef is alleen bedoeld als contrôle op de extrusie; verloopt de extrusie niet geheel op de juiste wijze, dan ontstaan in het PVC spanningen, die bij de bedoelde proef aanleiding geven tot scheuren.

Het montagedraad is bestemd voor vaste electrische verbindingen in toestellen. Indien het kan voorkomen dat het draad bij een lage omgevingstemperatuur moet worden gemonteerd, dient men niet de hardste soort „Podur" te gebruiken, aangezien dan na heen en weer buigen de isolatie op den duur zou breken. De laagste temperatuur waarbij men het draad zonder dit gevaar nog kan verwerken hangt niet alleen af van de soort „Podur", maar ook van de kerndiameter *d*. Om deze kwestie nader te onderzoeken hebben wij een eenvoudig toestelletje geconstrueerd, waarmee op reproduceerbare wijze en bij verschillende temperaturen buigproeven kunnen worden gedaan. Stelt men als eis dat de isolatie niet eerder mag breken dan de koperen kern, dan is het resultaat dat bijv. draad met $d \geqq 1{,}0$ mm en geïsoleerd met hard „Podur" alleen mag worden gemonteerd bij een temperatuur van ten minste 10 °C, en dat draad met $d \leqq 1{,}8$ mm en geïsoleerd met middelmatig zacht „Podur" nog goed te verwerken is als de temperatur tot 0 °C daalt.

Is in een toestel een buigzame verbinding nodig, dan wordt de voorkeur gegeven aan montagesnoer, waarvan de kern bestaat uit vele

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zachte vertinde koperdraadjes. Eén gebruiksmogelijkheid hiervan willen wij met name noemen: de verlichting van kerstbomen. Voor dit doel is het met PVC geïsoleerde snoer ideaal, want het is onbrandbaar, veel duurzamer dan rubber (zodat het vele jaren mee kan), zeer veilig wat de doorslagspanning betreft (1000 V bedrijfswisselspanning), en in een geschikte kleur te maken. Het meest gebruikelijk is de groene kleur, doch soms wordt de voorkeur gegeven aan doorschijnende PVC-soorten.

Behalve eenaderig snoer wordt ook uit twee samengeslagen aders bestaand montagesnoer gefabriceerd. Het een- of twee-aderige snoer kan worden voorzien van een afscherming van gevlochten koperdraad, en om deze afscherming heen kan zo nodig nog een mantel van buigzaam „Podur" worden aangebracht. Deze varianten zijn niet geschikt voor hoge frequenties.

Behalve met een isolatiedikte van ca 0,5 mm wordt ook montagesnoer gefabriceerd met dikkere „Podur" lagen, bijv. 1,6 mm, welke dikte geschikt is voor bedrijfsspanningen tot 6000 V wisselspanning of 10 000 V gelijkspanning.

Bij het gebruik van alle genoemde soorten montagedraad en -snoer moet, indien er kans bestaat op hoge temperatuur, worden vermeden dat er krachten op de draad werken die de isolatie zouden kunnen wegdrukken.

Montagekous

„Podur" montagekous voldoet aan de Amerikaanse voorschriften (American Society for Testing Materials, D 876 en D 922) omtrent isolatieweerstand, doorslagspanning, rek bij breuk, trekvastheid, bestand zijn tegen olie en veroudering, en ook nog juist aan de „doordrukproef", volgens welke de thermoplasticiteit niet zo groot mag zijn dat boven een bepaalde temperatuur en met een bepaalde druk de ader bloot zou komen te liggen.

Indien het in het gebruik ondoenlijk is omstandigheden te vermijden waarbij de isolatie zou worden weggedrukt, is het veelal mogelijk daarmee rekening te houden door de wanddikte groter te nemen of een hardere PVC-soort te gebruiken.

„Parallel aansluitsnoer"

Voor het aansluiten van radiotoestellen, leeslampen, enz., wordt snoer met twee evenwijdig lopende (dus niet samengeslagen) aders gefabriceerd. Dit zg. parallel aansluitsnoer is verkrijgbaar in diverse kleuren, zodat men voor iedere omgeving de het best er bij passende tint kan kiezen.

Een speciaal type van dit snoer is uitgewerkt voor het scheertoestel „Philishave" (*fig. 10*). Het snoer hiervoor moet zeer soepel zijn en bestand tegen dagelijks af- en oprollen, en bovendien moet, wegens het in aanraking zijn met de hand, de isolatie aan zeer hoge eisen voldoen. Zo wordt bijv. verlangd

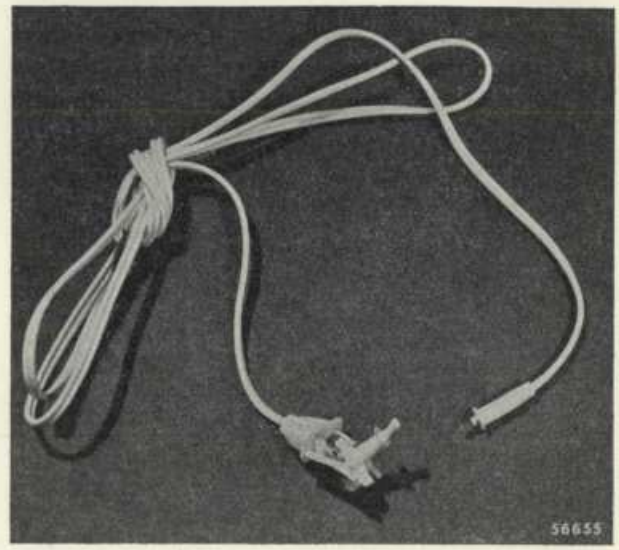

Fig. 10. Met „Podur" geïsoleerd snoer voor het scheertoestel „Philishave".

dat, na een 48-urig verblijf van het snoer in een omgeving met 94% relatieve vochtigheid, de isolatieweerstand van 1 meter van iedere ader, bij 20 °C, groter is dan 100 MΩ, en na een verblijf van 48 uur in water de doorslagspanning tussen de aders groter is dan 5000 V wisselspanning (de toegelaten bedrijfsspanning is 500 V wisselspanning of 750 V gelijkspanning). De gemeten isolatieweerstand van 1 meter is omstreeks 2000 MΩ. Ruimschoots wordt voldaan aan de in Zwitserland gestelde eis dat de lekstroom, gemeten aan 2 m kabel in water van 50 °C, bij 500 V wisselspanning, kleiner moet zijn dan 0,5 mA. (Uitgangspunt bij het opstellen van deze eis was, dat een stroom van 5 mA door het menselijk lichaam krampen kan veroorzaken, die het loslaten van een aangeraakte kabel onmogelijk maken, en dat bij een stroom van 1,7 mA topwaarde de eerste schrikverschijnselen optreden.)

Aansluitsnoer (-kabel) met twee of meer samengeslagen aders

Voor allerlei doeleinden wordt aansluitsnoer (-kabel) met 2, 3, 4, 7, 12 of 19 samengeslagen aders gefabriceerd, met kerndoorsneden variërend van 0,75 tot 6 mm².

Niet alleen de kabel als geheel, maar ook iedere ader afzonderlijk moet voldoen aan bepaalde eisen omtrent isolatieweerstand, doorslagspanning en verlieshoek. Door de kabel slechts samen te stellen

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

uit stuk voor stuk goedgekeurde aders hebben wij bereikt dat hij zeer betrouwbaar is en dat eventuele uitval beperkt blijft tot de aders.

Desgewenst kunnen ook hier een afscherming en een PVC buitenmantel worden aangebracht.

Hoogspanningskabel voor televisiebuizen

Voor een televisie-ontvanger [11]) was een kabeltje nodig om het plaatspanningsapparaat, dat een anodespanning van 25 kV levert, met de kathodestraalbuis te verbinden. Van deze kabel wordt verlangd dat hij bij 65 °C gedurende 2 minuten een gelijkspanning van 40 kV verdraagt en dat 1 meter lengte een isolatieweerstand van meer dan 1000 MΩ heeft. De isolatie moet bestand zijn tegen olie (de onderdelen van het plaatspanningsapparaat bevinden zich in een met olie gevulde bus) en zeer nauw om de kern sluiten om te voorkomen dat er tussen kern en isolatie door, olie naar buiten lekt. Aan deze eisen wordt voldaan door een kabel (*fig. 11*) met een dikke laag „Podur" van een speciaal hiervoor ontwikkelde soort (uitwendige middellijn 4,4 tot 4,7 mm). De grondstoffen voor het mengsel en de wijze van verwerken moeten scherp worden gecontroleerd.

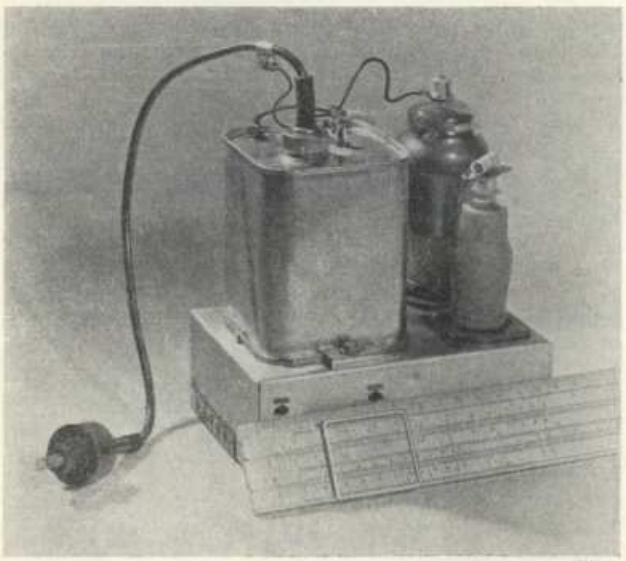

Fig. 11. Plaatspanningsapparaat voor het leveren van 25 kV anodespanning aan de kathodestraalbuis van een televisie-ontvanger [11]). Links het met „Podur" geïsoleerde kabeltje voor de verbinding met de kathodestraalbuis.

Telefoonkabel

Er wordt door ons telefoonkabel gefabriceerd (niet bestemd om in de grond te worden gelegd) die

[11]) G. J. Siezen en F. Kerkhof, Een televisie-ontvanger met geprojecteerd beeld, III. De apparatuur voor het opwekken van 25 kV anodespanning, Philips techn. T. **10**, 157-166, 1948.

Fig. 12. Meting van de overspreekdemping tussen de aderparen van een telefoonkabel. Op één aderpaar wordt een bepaalde spanning gezet, afkomstig van de generator links. De daardoor veroorzaakte spanning op andere aderparen wordt gemeten (rechts) en mag een zeker bedrag niet overschrijden. De meting wordt uitgevoerd bij verschillende frequenties (100-500 kHz).

3 tot 37 adergroepen bevat, waarbij iedere groep uit twee, drie of vier aders kan bestaan. Elke ader is geïsoleerd met „Podur" in verschillende kleuren (rood, blauw, geel, groen, zwart en wit) volgens een bepaald schema. De samengeslagen aders zijn omspoten met een grijze „Podur" mantel.

Omdat het niet practisch zou zijn, zulke grote aantallen aders elk een andere kleur te geven, gebruiken we twee of meer kleuren per ader. De bijkomende kleuren worden in de vorm van schroeflijnen op de ader geverfd, waarvoor een speciale machine is ontwikkeld.

Wij maakten al melding van de nauwkeurige contrôle, bij het fabriceren van de aders, op het juist gecentreerd zijn van de kern in de isolatie. Een geringe excentriciteit geeft al aanleiding tot een merkbaar overspreken. Ook de afgewerkte kabel wordt op overspreken onderzocht (*fig. 12*).

De overige keuringseisen komen in het kort neer op een isolatieweerstand van 1 meter kabel groter dan 10^4 MΩ en een capaciteit tussen twee aders van een paar, kleiner dan 100 pF/m, bij 25 °C.

Telemicrofoonsnoer

Het snoer dat de telemicrofoon met het overige gedeelte van een telefoontoestel verbindt, moet bijzonder buigzaam zijn en bestand tegen een groot aantal heen en weer buigingen.

Met het oog op de soepelheid wordt voor de geleiders zg. tinsel gebruikt (een dun koperen bandje dat om een kunstzijden draad is gewikkeld) en voor de isolatie van de aders een bijzonder buigzame PVC-soort (rood en blauw, geel en groen voor de verschillende aders, die vier, drie of twee in getal

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zijn). Ondanks de soepelheid bedraagt de isolatieweerstand van 1 meter snoer toch nog meer dan 100 MΩ (bij 20 °C en nadat het snoer 6 uur in een ruimte met 90% vochtigheid is geweest).

De aders zijn samengeslagen en met koord omvlochten. De doorslagspanning tussen de aders moet meer dan 1000 V bedragen, en na 6000 heen en weer buigingen mag geen „kraken" optreden.

Microfoonsnoer voor versterkinstallaties

„Podur" microfoonsnoer heeft twee of vier geleiders, die, daar de weerstand niet van belang is, dun mogen zijn (0,3 mm middellijn; met het oog op de sterkte bestaan zij uit cadmiumkoper). De kernen zijn afzonderlijk met PVC geïsoleerd, samengeslagen, afgeschermd en nogmaals geïsoleerd met een PVC mantel. Van deze kabel worden de isolatieweerstand en de afscherming van de aders gecontroleerd, alsmede de zg. microfonie (het optreden van potentiaalverschillen in de kabel door buigen of wringen).

Snoer voor hoortoestellen

Moderne toestelletjes ter tegemoetkoming aan bepaalde gebreken van het gehoor bestaan uit een doosje dat een microfoon, een versterker en batterijen bevat, en een kleine telefoon, die de hardhorende in het oor bevestigt. Gewoonlijk wordt er veel prijs op gesteld dat het geheel weinig in het oog loopt.

Wat betreft het snoertje dat de telefoon met de versterker verbindt, is het gelukt dit inderdaad zeer weinig te doen opvallen, en wel door het gebruik van ongekleurd, transparant PVC in een zeer dunne laag. De uitwendige middellijn van het snoer is slechts 1,6 tot 1,7 mm; het bevat twee zeer soepele geleiders (tinsel). Door de geringe afmetingen, die de uiterste nauwkeurigheid van de fabricage vergen, alsmede de buigzaamheid van het PVC, is een zeer soepel snoer verkregen, dat voor de gebruiker in het geheel niet hinderlijk is.

Met deze opsomming willen wij hier volstaan. Zij moge genoegzaam hebben bewezen dat PVC-isolatiemateriaal zich al op velerlei gebied een plaats heeft veroverd.

Samenvatting. Na een bespreking van de grondstoffen waaruit draadisolatie op basis van de kunsthars polyvinylchloride wordt samengesteld, worden enige eigenschappen van deze isolatiematerialen behandeld, verdeeld in mechanische eigenschappen, electrische eigenschappen, en bestandheid tegen vocht, chemicaliën, enz. Sommige van deze eigenschappen overtreffen die van rubber (o.a. onbrandbaarheid, slijtvastheid, bestandheid tegen chemicaliën en ultraviolette stralen), andere benaderen ze dicht (isolatieweerstand). De aandacht wordt gevestigd op enige punten waarop men bij het gebruik van de isolatiematerialen dient te letten, o.a. de thermoplasticiteit. Vervolgens wordt het extrusieproces besproken, volgens hetwelk draad wordt overtrokken met polyvinylchloride-isolatie. Het artikel besluit met een korte bespreking van de voornaamste draadsoorten met polyvinylchloride-isolatie („Podur"), die de N.V. Pope's Draad- en Lampenfabrieken te Venlo in de handel brengt: montagedraad en -snoer, diverse aansluitsnoeren, hoogspanningskabel, telefoonkabel, microfoonsnoer, enz.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

HET INACTIVEREN VAN BACTERIËN DOOR ULTRAVIOLETTE STRALING

door J. VOOGD en J. DAAMS.

621.327.3:613.165.6:
614.7-084.48:664

De straling van de zon oefent op de levende organismen werkingen uit van uiteenlopende aard. Zo is gebleken dat in de zonnestraling aanwezige ultraviolette straling van een bepaald golflengtegebied de vermenigvuldiging van bacteriën en andere micro-organismen tegengaat. Door toepassing van een kwikdamplamp van lage druk, die een straling uitzendt met een specifiek desinfecterend vermogen die dat van zonlicht ver overtreft, kan men van dit verschijnsel een nuttig gebruik maken zonder op zonlicht aangewezen te zijn. De lamp schept gunstige mogelijkheden voor de oplossing van sommige hygiënische problemen en bij de verwerking van voedings- en genees middelen.

Het feit dat jaarlijks voor milliarden guldens aan voedingsmiddelen bederft door de werking van bacteriën en schimmels bewijst het belang van bestrijding van deze organismen ook op dit gebied.

De invloed van zonlicht op bacteriën

In het jaar 1877 ontdekten de Engelse onderzoekers Downes en Blount een verschijnsel waarvan de betekenis voor de levensmogelijkheid van de mens moeilijk kan worden overschat. Zij vonden namelijk, dat micro-organismen ophouden zich te vermenigvuldigen wanneer zij voldoende lang aan zonnestraling worden blootgesteld. Het effect kan worden aangetoond met een eenvoudige proef, waarvan het resultaat in *fig. 1* is weergegeven. We zien daarop een plat glazen bakje, een zg. Petri-schaal, zoals door bacteriologen veelvuldig wordt gebruikt. In dit bakje werd eerst een voedingsbodem gebracht, die bijzonder geschikt is om de groei van Bacterium Coli zichtbaar te maken. Bij kolonie-vorming van colibacteriën krijgt deze voedingsbodem namelijk door het ontstaan van fuchsine een dieprode kleur, waar de bacteriën niet groeien blijft hij helder. In de Petrischaal werd nu over de gehele cirkelvormige oppervlakte een suspensie van colibacteriën uitgezaaid. De linkerhelft van de voedingsbodem werd daarna gedurende een uur blootgesteld aan de, van links schuin opvallende directe zonnestraling, terwijl de rechterhelft van de voedingsbodem met een ondoorzichtig schermpje was bedekt. Na broeding bij 37 °C gedurende 24 uur vertoonde de Petrischaal het beeld van fig. 1. Het donker zijn van de rechterhelft van de voedingsbodem is een aanwijzing voor de massale groei en kolonievorming van de colibacteriën aldaar. Het licht blijven van het linkerdeel leert ons, dat daar geen groei van bacteriën heeft plaats gehad. De scherpe scheidingslijn tussen de beide gedeelten demonstreert duidelijk de invloed van het zonlicht.

Het valt daarbij op, dat het lichte deel zich niet uitstrekt tot de rand van het bakje. Geheel links hebben zich duidelijk waarneembaar een aantal flink uitgegroeide kolonies ontwikkeld. Dit moet worden toegeschreven aan de schaduwwerking van de opstaande glazen rand van de Petri-schaal. Deze schaduwwerking is interessant, omdat zij een aanwijzing geeft voor de beantwoording van de

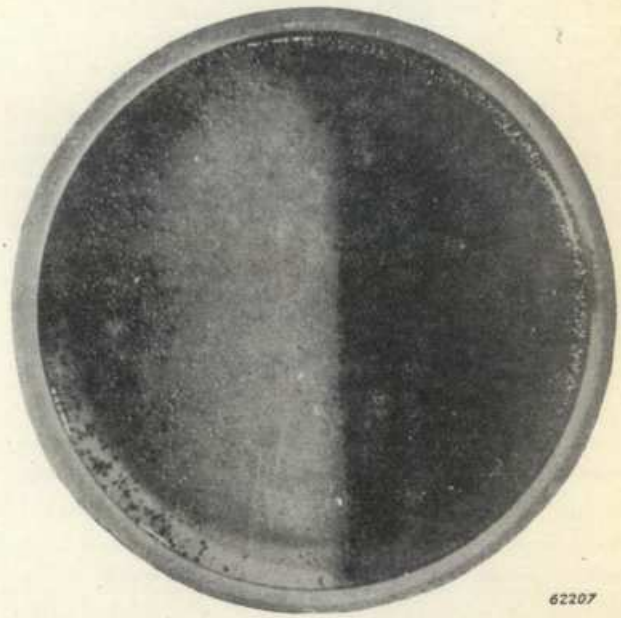

Fig. 1. Ontwikkeling van Bacterium Coli. De linkerhelft van de schaal is door van links opvallend zonlicht bestraald. Door de vorming van fuchsine is de voedingsbodem, waar kolonies zich hebben ontwikkeld, donker gekleurd.

vraag, welk deel van het spectrum wel het meest werkzaam is bij de hier vastgestelde inactiverende werking der zonnestraling. Gewoon glas absorbeert namelijk volledig alle straling van golflengten kleiner dan ca 3200 Å. Indien er schaduwwerking van gewoon glas valt waar te nemen, moet — indien wij

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de mogelijkheid van specifieke biologische werkingen der infrarode straling met golflengten groter dan 30 000 Å, die ook door het glas wordt geabsorbeerd, uitsluiten — worden aangenomen dat de inactiverende werking is toe te schrijven aan de kleine hoeveelheid ultraviolette straling van golflengten korter dan 3200 Å, die in het zonlicht aanwezig is.

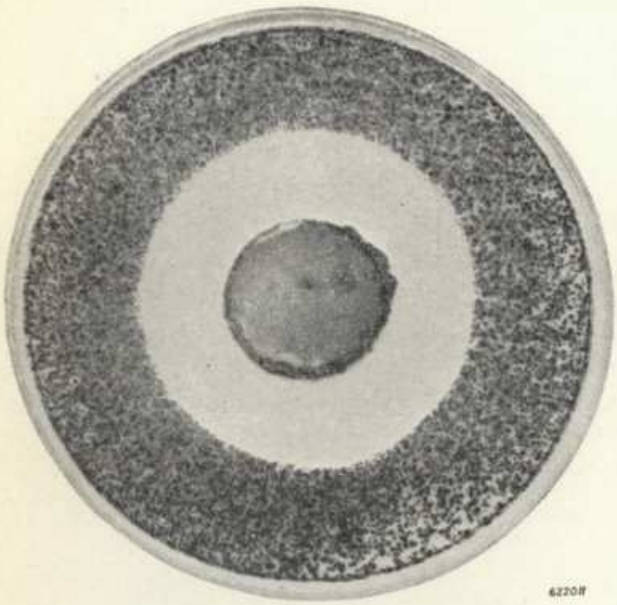

Fig. 2. Ontwikkeling van kolonies van Bacterium Coli op onbestraalde (buitenste ring) en bestraalde (binnenste cirkel) bodem, waaruit blijkt dat de straling geen invloed op de voedingsbodem heeft.

Allereerst moet men zich dan afvragen of men hier te maken heeft met een werking op de bacteriën of met een werking op de voedingsbodem of met een werking op beide. De proef, waarvan het resultaat in *fig. 2* is te zien, geeft hierop antwoord. Van een bezaaide voedingsbodem is een cirkelvormig deel sterk bestraald en daarna is een stuk in het midden van deze cirkel opnieuw bezaaid. Na broeding blijken in het midden van de bestraalde cirkel de onbestraalde bacteriën wel degelijk op de bestraalde voedingsbodem te kunnen groeien. Men moet dus concluderen dat het ultraviolette deel van de zonnestraling het vermogen heeft om de vermenigvuldiging der colibacteriën te doen ophouden. Kortweg, hoewel niet geheel juist, spreekt men van de bacteriedodende of bactericide werking der zonnestraling. Overeenkomstige verschijnselen worden waargenomen bij bestraling van schimmels, gisten en virussen. Algemener spreekt men daarom wel van de kiemdodende of germicide werking der ultraviolette straling.

Het werkingsspectrum van het bactericide effect

Het spreekt wel vanzelf, dat men zich al spoedig na de ontdekking van het bactericide effect is gaan interesseren voor de vraag hoe het van de golflengte der bestraling afhangt.

Een kwalitatieve beantwoording van deze vraag geeft *fig. 3*, die als volgt tot stand is gekomen.

Op het met een suspensie van bacteriën bezaaide oppervlak van een voedingsbodem werd met behulp van een grote kwartsspectrograaf met brede spleet een spectrum ontworpen van de straling van een electrische ontlading in kwikdamp van hoge druk. Hiervoor werd gebruikt een „Biosol"-lamp, type B. Na broeding werd op de voedingsbodem het in fig. 3 gegeven beeld verkregen. Op de plaats van enkele der ontworpen brede spectraallijnen heeft door de werking der ultraviolette straling geen bacteriegroei plaats gehad, in tegenstelling tot de onmiddellijke omgeving daarvan, waar geen of zeer weinig ultraviolette straling de voedingsbodem heeft getroffen. Onder dit microbiologisch opgenomen spectrum is een fotografisch opgenomen spectrum van de gebruikte lamp gereproduceerd. Het daaronder weergegeven spectrum is van de straks te bespreken bacteriedodende lamp.

Bij de sterke spectraallijn van 3130 Å valt in deze proef nog geen bactericide werking te constateren. Zulks is wel het geval bij de spectraallijnen van kleinere golflengten.

Uiteraard geeft deze proef slechts een kwalitatief beeld, waaruit men geen kwantitatieve besluiten kan trekken omtrent de afhankelijkheid der bactericide werking van de golflengte der straling. Hierover zijn door verscheidene onderzoekers zorgvuldige metingen verricht. Een kromme, ontleend aan verschillende in de literatuur vermelde onderzoekingen, is weergegeven in *fig. 4*.

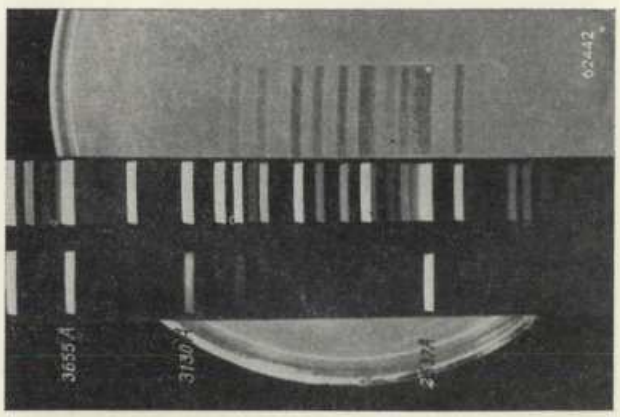

Fig. 3. Biologisch opgenomen spectrum van het bactericide effect van een „Biosol"-lamp, type B (*boven*). Door de gebezigde opnametechniek zijn de lijnen, waar zich géén bacteriën ontwikkeld hebben, hier donker. Ter vergelijking de fotografisch opgenomen spectra van een „Biosol"-lamp, type B (*midden*), en van een bacteriedodende lamp, TUV 25 W (*onder*).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

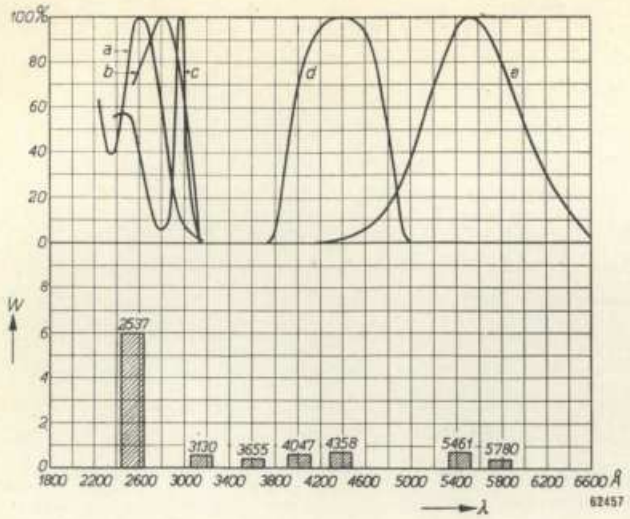

Fig. 4. Boven: verschillende werkingen van straling als functie van de golflengte.
a) Bactericide werking (B. Coli)
b) Dodende werking op een protozo (Paramecium multimicronucleata).
c) Verwekking van erytheem
d) Fotografische werking (niet-kleurgevoelige film)
e) Normale ooggevoeligheid
Onder: straling van de lamp TUV 25 W.

Deze kromme (*a*) vertoont een maximum bij 2650 Å. Zij geldt met vrij grote nauwkeurigheid zowel voor bacteriën als voor schimmels. Men heeft deze spectrale werkingskromme in verband willen brengen met een absorptieproces en gezocht naar absorptiekrommen die met de bactericide werkingskromme goed overeenkomen. Opmerkelijk is, dat de spectrale absorptiekrommen van eiwitten, met een maximum bij ongeveer 2800 Å, hiervoor niet in aanmerking komen. Beter is de overeenstemming van de bactericide kromme met de spectrale absorptie van nucleoproteïden (dwz. eiwitachtige stoffen, waaruit o.a. de chromosomen zijn opgebouwd). In *fig. 5* is ter demonstratie hiervan ook de spectrale absorptiekromme van thymonucleïnezuur als voorbeeld van een nucleoproteïde weergegeven.

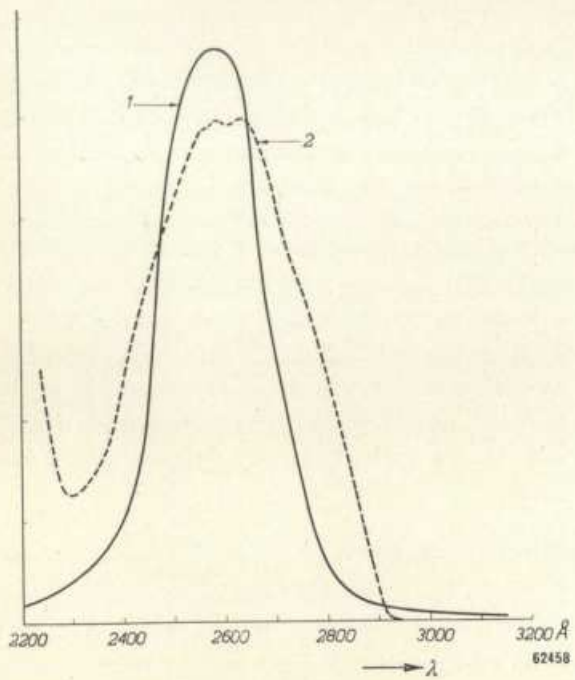

Fig. 5. Bactericide werking als functie van de golflengte (*1*), en absorptiekromme van thymonucleïnezuur (*2*).

Wat nu het mechanisme van de inactivatie betreft, men kan aantonen dat geïnactiveerde bacteriën hun stofwisseling ten dele voortzetten, echter zonder tot de normale celdeling over te gaan.

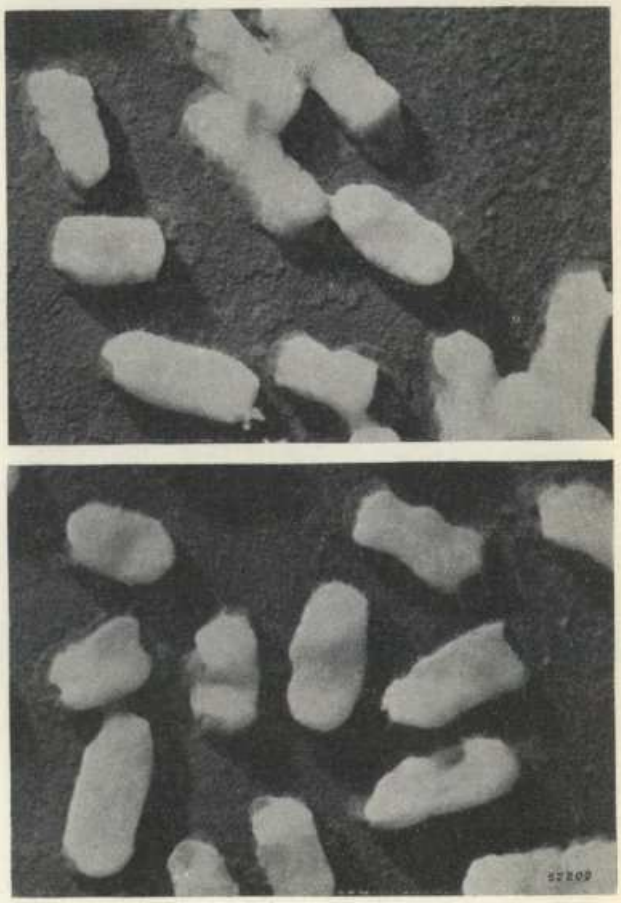

Fig. 6. Opnamen met electronenmicroscoop van colibacteriën (vergroting 18 000×). Boven niet met ultraviolet bestraald, onder wel. Uiterlijk is geen verschil merkbaar.

Op grond van deze verschijnselen wordt het bactericide effect der ultraviolette straling geïnterpreteerd als een absorptieproces in die nucleoproteïden, die in de bacteriën bij de vermenigvuldiging een fundamentele functie uitoefenen. Klaarblijkelijk is dit absorptieproces op zichzelf niet dodelijk, maar het resultaat van de bestraling is een normaal afsterven van de bacterie zonder dat vermenigvuldiging plaats heeft (bacteriostasis).

Uit opnamen met de electronenmicroscoop blijkt dat bij bestraling met een dosis die zeker reeds

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

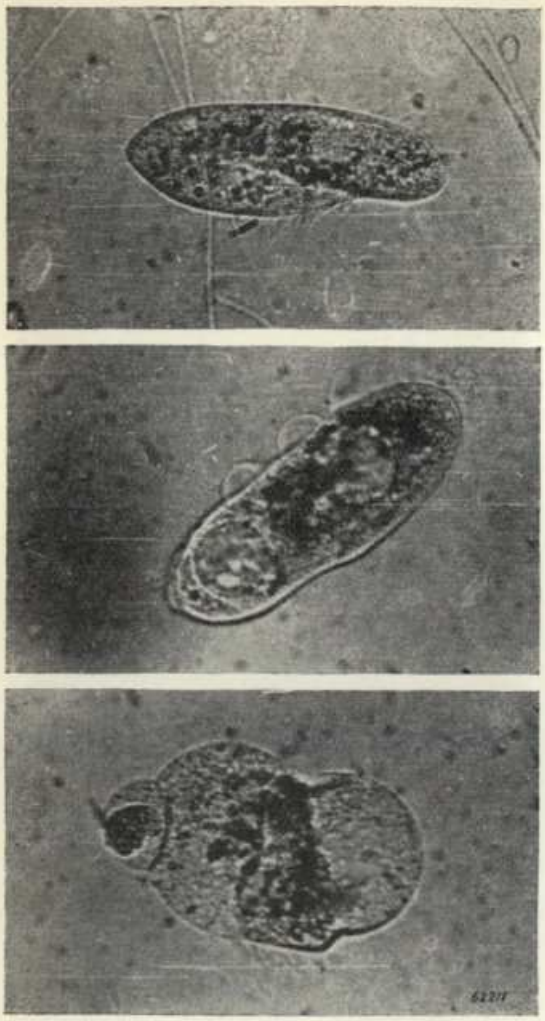

Fig. 7. Opnamen met normale microscoop van pantoffeldiertjes (vergroting 250×). *Boven:* niet bestraald met ultraviolet. *Daaronder:* bestraald, in verschillende stadia van ontbinding. Men lette op de optredende blazen.

de celvermenigvuldiging stop zet, nog geen uiterlijk waarneembare beschadiging van de bacterie optreedt, zoals bijv. bij de vernietiging van protozoa (bijv. pantoffeldiertjes) door ultraviolette straling duidelijk wel het geval is. De *fig. 6* en *7* geven hiervan een goed beeld[1]).

Constructie van ontladingslampen voor bacteriebestrijding

De moderne techniek van het fabriceren van electrische ontladingslampen stelt ons in staat voor de hierboven besproken werking een speciale lamp te vervaardigen, zodat men niet op de zon als stralingsbron is aangewezen.

[1]) Het is ook gelukt, geïnactiveerde bacteriën door een krachtige bestraling met zichtbaar licht korte tijd na de inactivatie met ultraviolette straling weer — zij het ook voor een klein gedeelte — tot de normale toestand van vermenigvuldiging terug te brengen.

Zoals we zagen, heeft straling waarvan de golflengte tussen 2500 Å en 2600 Å ligt, een sterke kiemdodende werking. Juist in dit golflengtegebied kan men nu een sterke stralingsbron verkrijgen door gebruik te maken van de electrische ontlading in kwikdamp van lage druk, waarbij voornamelijk twee resonantielijnen van het kwikatoom, namelijk een zwakke bij 1850 Å en een sterke bij 2537 Å, worden uitgestraald.

De dimensionnering van een kiemdodende lamp kan overeenkomen met die van de buisvormige luminescentielampen voor verlichting. Bij deze laatste gebruikt men ultraviolette straling voor de opwekking van zichtbare fluorescentiestraling in een poeder, dat aan de binnenkant van de glaswand is aangebracht.

Voor de kiemdodende lamp willen we juist de ultraviolette straling van 2537 Å gebruiken, terwijl de straling van 1850 Å door zijn sterke ozoniserende werking vrijwel steeds als ongewenst moet worden beschouwd. Bij het vervaardigen van kiemdodende lampen moet dus uiteraard het fluorescerende poeder worden weggelaten en voor de buiswand een glassoort worden gebruikt die de kwiklijn van 2537 Å nog goed doorlaat, maar die de lijnen van kleinere golflengten en speciaal de resonantielijn van 1850 Å absorbeert.

Op deze wijze werd een lamp (TUV 25 W) verkregen, waarvan de spectrale verdeling der stralingsintensiteit in fig. 4 is weergegeven. Daar deze lamp wat het electrotechnisch gedeelte betreft geheel gelijk is aan de TL-lamp 25 W, kan hetzelfde voorschakelapparaat gebruikt worden.

De energie van de uitgezonden straling in het golflengtegebied van 2537 Å bedraagt 6 W. Deze hoge opbrengst wordt echter alleen verkregen, wanneer de dampdruk van het kwik in de buis de juiste waarde heeft, en is dus sterk van de temperatuur afhankelijk. De afmetingen van de buis zijn in verband met de warmtestraling zodanig gekozen dat de wandtemperatuur zich onder normale omstandigheden op ongeveer 40 °C instelt, waarbij de dampdruk de gunstigste waarde heeft. Wanneer door bijzondere omstandigheden, bijv. door plaatsing in een koelcel, de wandtemperatuur een andere waarde aanneemt, daalt het rendement aanzienlijk: bij afwijkingen van 20 °C is het rendement ongeveer 25% kleiner.

Vereiste stralingsdoses

Wanneer men nu met behulp van bacteriedodende lampen kiemen wil bestrijden, rijst allereerst de vraag welk vermogen men moet installeren.

Hoewel met een aantal complicerende factoren rekening gehouden moet worden, mag in eerste

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

instantie worden aangenomen dat de dosiswet geldt, volgens welke de graad van inactivatie alléén afhangt van het product van bestralingsintensiteit en -duur.

De gevoeligheid van verschillende bacteriesoorten voor ultraviolette straling is niet even groot, zoals uit *tabel I* blijkt.

Tabel I. Dosis in mWsec/cm² nodig voor een inactivering van 90% van de volgende organismen (uit verschillende publicaties).

Organisme	Dosis	Organisme	Dosis
Bac. Anthracis	4,52	Serratia Marcescens	2,4
B. Megatherium (veg)	1,13	idem	2,2
B. Megatherium (sporen)	2,73	idem	8,3
B. Paratyphosus	3,20	Shigella Paradysenteriae	1,68
B. Subtilis	7,1	Spirillum Rubrum	4,4
idem	6,0	Staphylococcus Albus	1,84
B. Subtilis (sporen)	12,0	idem	3,30
Corynebacterium Diphteriae	3,37	Staphylococcus Aureus	2,18
Escherickia Coli	3,0	idem	2,60
Proteus Vulgaris	2,64	idem	4,95
Sarcina Lutea	19,7	Streptococcus Viridans	2,0

Een zeer resistente bacterie is bijv. Sarcina Lutea, die ongeveer zeven maal zo resistent is als Bacterium Coli. Nog minder gevoelig zijn de schimmels; zo laat *fig. 8* zien hoe bij een mengsel van bacteriën en schimmels, die onbestraald, samen op de voedingsbodem zichtbare kolonies vormen, na een bestraling met een geschikt gekozen dosis de bacteriën zijn geïnactiveerd terwijl de schimmels zich nog zeer goed vermenigvuldigen. Voor de practijk moet men, vergeleken met Bacterium Coli, voor schimmels met een 20- tot 100voudige dosis rekening houden.

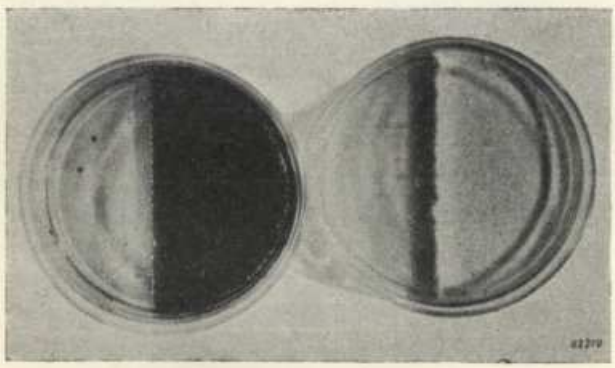

Fig. 8. Cultures op de linkerhelft bestraald met een TUV lamp van 25 watt op 25 cm afstand. Links colibacterie, gedurende 2 minuten bestraald, rechts een schimmel (Penicillium sp) 15 minuten bestraald.

Uit tabel I blijkt dat de waarden, opgegeven door verschillende onderzoekers, aanzienlijk uiteenlopen. Dit moet daaraan worden toegeschreven dat het verkrijgen van kwantitatieve gegevens op dit gebied op verschillende moeilijkheden stuit. Zelfs wanneer men zich beperkt tot één stam van een bepaalde bacteriesoort, blijkt dat de gevoeligheid nog afhankelijk is van de levensfase, waarin de bacteriën tijdens de bestraling verkeren, en van de aard van het milieu waarin zij zich bevinden.

De levensfasen van de bacteriën

Zoals bij alle levende organismen staat ook bij de bacteriën het levensproces in nauwe wisselwerking met het milieu. Zeer duidelijk blijkt dit, wanneer men in een vloeibare voedingsbodem, bijv. steriele bouillon, een kleine hoeveelheid van een oude bacteriesuspensie brengt. In zulk een oude suspensie is het proces van de celdeling sterk gestagneerd, hetgeen moet worden toegeschreven aan de invloed van stofwisselings- en afbraakproducten der bacteriën in dat milieu. Brengt men nu deze bacteriën in het verse milieu, dan duurt het enige tijd, voordat zij zich hebben aangepast. In deze aanpassingsfase nemen de stofwisselingsprocessen toe, het bacterievolume wordt groter en, zoals uit fraaie onderzoekingen van de school van Caspersson [1]) is gebleken, ook het gehalte aan nucleoproteïden neemt toe. Als gevolg van deze physiologische activiteiten komt het proces van celdeling weer op gang. De bacteriecultuur komt dan in de zg. logarithmische fase, waarbij het aantal bacteriën nagenoeg exponentieel met de tijd toeneemt. Deze fase bewerkstelligt haar eigen einde door het toenemen van stofwisselings- en afbraakproducten in de suspensie. In de bacteriën treden veranderingen op, waardoor het proces van celdeling wordt gestagneerd en dientengevolge de natuurlijke afsterving een factor van betekenis wordt. Via een stationnaire fase komt de bacteriecultuur dan in de afstervingsfase, waarin het aantal bacteriën afneemt en de kolonie op den duur uitsterft.

De verschillende toestanden waarin de bacteriën bij de hierboven beschreven veroudering der cultuur verkeren, vindt men terug bij de inactivatie door ultraviolette straling. Dit kan worden toegelicht aan de hand van *fig. 9*, die op de volgende proef betrekking heeft.

In steriele bouillon werd een kleine hoeveelheid gebracht van een suspensie van Bacterium Coli, die in de afstervingsfase was. De meest linkse kromme van fig. 9 geeft de inactivatie van de aldus verkregen cultuur in de aanpassingsfase als functie van de toegediende bestralingsdosis van 2537 Å. Deze en de andere inactiveringskrommen in de figuur werden bepaald door gelijke kleine hoeveelheden van de goed gemengde en geschudde cultuur op voedingsbodems uit te zaaien en daarna gedurende verschillende tijden aan bestraling bloot te stellen. Na broeding werd dan het percentage der nog niet geïnactiveerde bacteriën geteld. Dit percentage vindt men in de figuur op logarithmische schaal tegen de stralingsdosis uitgezet.

Van links naar rechts hebben de krommen betrekking op uitzaaiingen van de verouderende cultuur. Aangenomen moet

[1]) B. Malmgren en C. G. Heden, Studies of the nucleotide metabolism of bacteria, Acta Path. Micr. Scand. **24**, 417, 1947.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

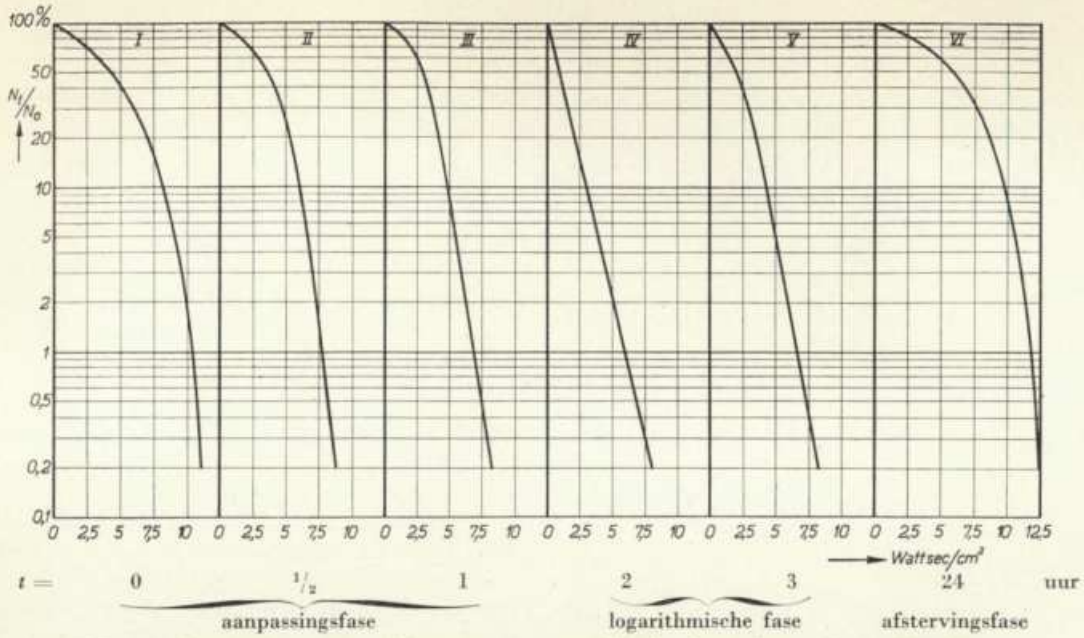

Fig. 9. Inactivering van colibacteriën in verschillende levensfasen (*I* tot *VI*) door bestraling met 2537 Å als functie van de dosis (wattsec/cm²). Uitgezet is de verhouding van het aantal nog niet geïnactiveerde bacteriën (N_t), tot het oorspronkelijk aantal (N_0). De dosis werd t uur na het uitzaaien toegediend.

worden dat deze suspensie na twee uur in de logarithmische fase is gekomen.

Het blijkt, dat de bacteriën in de toestand van de sterk verouderde cultuur (afstervingsfase) minder gevoelig zijn voor ultraviolette straling dan in de logarithmische fase.

Voor de practische toepassing leren de in fig. 9 gegeven krommen, dat bij het opgeven van dosiswaarden voorzichtigheid geboden is en dat men goed doet, er rekening mede te houden dat de bacteriën en in het algemeen de micro-organismen zich in meer of minder resistente toestand kunnen bevinden.

Behalve de verschillen in gevoeligheid kan men uit de krommen nog iets over het mechanisme der inactivatie afleiden.

Bij het inactiveren van bacteriën door electronenstralen of α-stralen is gebleken dat daarbij voor de inactivatie één ionisatie nodig is in een specifiek deel van de bacterie. Veronderstelt men in analogie daarmee dat voor de ultraviolette straling absorptie van één quantum noodzakelijk is om inactivatie te veroorzaken, dan is het aantal per tijdseenheid geïnactiveerde bacteriën evenredig met de stralingsintensiteit I en met het aantal actieve bacteriën N, dus:

$$\mathrm{d}N = -C\,N\,I\,\mathrm{d}t.$$

Integratie geeft dan het verband:

$$\ln \frac{N}{N_0} = -C\,I\,t,$$

en de grafische voorstelling geeft, zoals in fig. 9 *IV*, een rechte lijn.

Aangenomen kan worden, dat de absorptie moet plaats hebben in het nucleoproteïde-systeem dat bij de celdeling een essentiële functie heeft. Ten gevolge van de absorptie vindt in het systeem een mutatie plaats, en wel een letale, dwz. het voortplantingsvermogen wordt geblokkeerd. Zou aan deze opvatting een nadere biochemische fundering kunnen worden gegeven dan zou dit voor onze kennis van bacteriën van zeer grote betekenis zijn.

Het niet rechtlijnig verloop van de krommen in de andere fasen geeft een aanwijzing dat de ultraviolet-inactivatie daar een meer gecompliceerd verschijnsel is.

De invloed van de aard van het milieu

Een van de meest veelvuldige toepassingen van de kiemdodende lampen betreft wel de sterilisatie van stilstaande of bewegende lucht. Het onderzoek heeft aangetoond dat de doses, nodig om tot een bepaalde graad van inactivatie der kiemen in de lucht te komen, aanzienlijk geringer zijn dan die uit metingen in suspensies en door uitzaaiing op agar-platen volgen.

Om dit te onderzoeken werden proeven gedaan met langzaam stromende lucht, die daarbij met bepaalde ultraviolet-doses kon worden bestraald. Door gelijktijdig verlopende proeven zonder en met bestraling kon de afstervingsgraad als functie van de dosis worden bepaald voor verschillende micro-organismen, die door verstuiving van een suspensie in de lucht werden gebracht.

Terwijl nu voor Bacterium Coli in een waterige suspensie een bestralingsdosis van ca 10 mWsec/cm² een reductie van het aantal tot 1 à 0,1% teweeg bracht, bleek hetzelfde effect in een in lucht verstoven suspensie te worden bereikt met een bestralingsdosis van 1 mWsec/cm².

Dit voor de practijk zeer belangrijke verschijnsel wordt gewoonlijk toegeschreven aan een wijziging van het micro-organisme na verstuiving in lucht. Over het physiologisch aspect van deze wijziging

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

tast men nog in het duister. Er is echter een zuiver physische factor die bij de beoordeling van dit verschil moet worden bezien, hoewel deze slechts ten dele het gevonden verschil kan verklaren, waarop wij even de aandacht willen vestigen.

Bij bestraling van een vloeibare suspensie treedt practisch geen straalbreking of verstrooiing op aan het grensvlak van de bacterie. In het inwendige van de bacterie heeft men dan dus overal dezelfde intensiteit als in de omgevende vloeistof. Bij een in lucht verstoven suspensie moet men daarentegen veronderstellen dat aan de grens van het micro-organisme door de kromming van het grensvlak een zekere lenswerking zal optreden, die echter, daar de afmeting slechts enkele malen die van de golflengte van de gebruikte straling bedraagt, niet volgens de geometrische optica kan worden berekend. Voor een bolvormig micro-organisme hebben berekeningen, met inachtneming van interferentieverschijnselen, geleerd dat de stralingsintensiteit in het middelpunt ongeveer het dubbele kan zijn van die buiten het organisme.

Toepassingen

Bij de toepassing der ultraviolet-sterilisatie moet men twee gevallen onderscheiden, namelijk volumesterilisatie en oppervlakte-sterilisatie.

Bij het uitvoeren van microbiologische manipulaties, zoals bijv. het overenten van cultures, is het vaak wenselijk dit te doen in een kiemvrije ruimte. Ondanks de meest rigoureuze sanitaire maatregelen is niet steeds te voorkomen dat aanvoer van kiemen door luchtstromingen plaats vindt.

Sterilisatie kan worden verkregen door directe bestraling van de ruimten waar men steriele omstandigheden wenst, doch is alleen dan mogelijk wanneer zelden personeel aanwezig is. De straling van 2537 Å oefent namelijk onaangename (en op de duur ook schadelijke) werkingen uit op het menselijk organisme. Bij een voldoende bestralingsdosis ontwikkelt zich op de menselijke huid een pijnlijk erytheem, en bij bestraling van het oog ontstaat een weliswaar ongevaarlijke en binnen een paar dagen genezende, maar gedurende deze dagen toch zeer hinderlijke bindvliesontsteking in het oog (conjunctivitis).

Op grond hiervan zijn in de Verenigde Staten van Amerika, waar men de kiemdodende lampen het eerst heeft gelanceerd, voorschriften opgesteld waaraan elke installatie moet voldoen om de personen die zich in de omgeving van die installatie bevinden te beveiligen. Uit ervaring is gebleken dat het voldoen aan deze voorschriften een waarborg biedt, dat geen nadelige of ook maar hinderlijke gevolgen van de toepassing van deze lampen wordt ondervonden. Volgens deze voorschriften mag de menselijke huid gedurende niet langer dan 7 uur per dag blootgesteld worden aan een intensiteit van hoogstens 0,5 $\mu W/cm^2$ (voor de golflengte 2537 Å). Bij continue bestraling (bijv. in ziekenzalen) mag de intensiteit op de huid niet meer dan 0,1 $\mu W/cm^2$ bedragen. Het is de taak van de ontwerper van een installatie met kiemdodende lampen, om met inachtneming van de veiligheidseisen de werking zo effectief mogelijk te doen zijn.

In ruimten waar geregeld personen aanwezig zijn, kunnen de lampen zo worden geplaatst, dat alleen het bovenste deel van de ruimte wordt bestraald. De natuurlijke circulatie zorgt er dan voor, dat alle kiemen een gebied van grote stralingsintensiteit passeren. De lampen worden geplaatst in een, de stralen naar boven richtende armatuur van aluminium, waarbij er voor moet worden gezorgd, dat het plafond zo weinig mogelijk ultraviolette straling reflecteert, zodat hinderlijke gevolgen als erytheem en conjunctivitis worden vermeden.

Als voorbeeld van een indirecte bestraling noemen we een geval waarbij een laboratoriumruimte met een oppervlakte van 15 m^2 en een hoogte van 4 m kiemvrij moest worden gehouden. Aan één van de wanden was op een hoogte van 2 m een armatuur met een TUV lamp geplaatst. Het resultaat van de bestraling kon worden nagegaan door van enkele monsters lucht het bacteriegehalte te bepalen. Na voorafgaande verstuiving van een cultuur van coli-bacteriën werd een zekere hoeveelheid lucht opgevangen met behulp van een apparaatje, waarbij de lucht wordt geblazen tegen een voedingsbodem.

In *fig. 10* is het resultaat te zien. De bovenste rij geeft een indruk van het aantal bacteriën dat werd opgevangen gedurende de eerste 2, respectievelijk 5 en 15 minuten na het verstuiven zonder dat de lamp brandde. Bij de tweede serie (onderste rij) is de lamp direct na het verstuiven ingeschakeld. Het blijkt, dat na 5 minuten geen enkele bacterie meer werd opgevangen.

Dit resultaat is niet altijd te verwachten, omdat in het algemeen bacteriën uit een jonge cultuur zoals bij deze proef gebruikt, een geringe resistentie hebben vergeleken met de in grote aantallen in de atmosfeer voorkomende saprophytische micro-organismen die over het algemeen onschadelijk zijn. Pathogene (ziekte-verwekkende) bacteriën en kiemen afkomstig uit verspreide druppels in de lucht, worden meestal spoedig gedood. In *figuur 11* is het resultaat te zien van een bestraling in een kantoorruimte met druk verkeer, waarin wèl saprophyten aanwezig waren. Hier is gedurende twee weken dagelijks

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

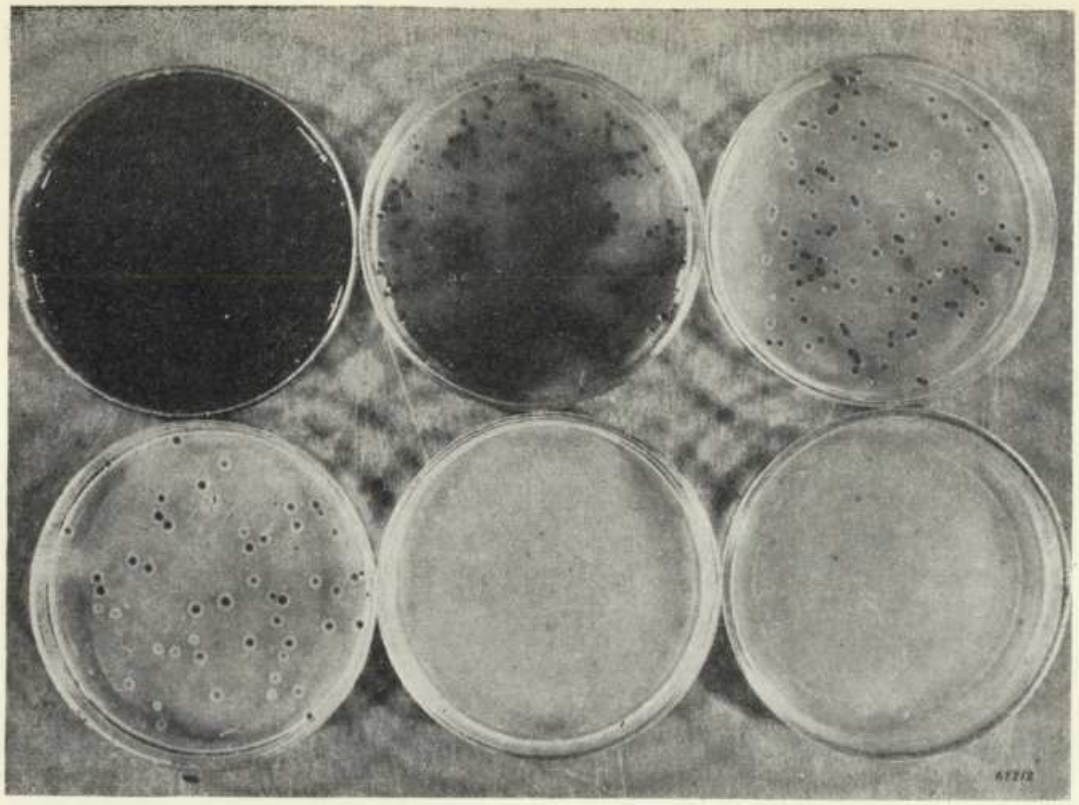

Fig. 10. Bacterie-ontwikkeling ten gevolge van besmetting uit de lucht. Bovenste rij: ruimte waarin geen lamp brandt. Onderste rij: lamp ingeschakeld direct na het verstuiven van bacteriën. Van links naar rechts is respectievelijk 2, 5 en 15 minuten na de verstuiving het schaaltje gedurende 5 minuten geopend.

enige malen het aantal kiemen (bacteriën en schimmels) bepaald dat in 5 minuten op een serie Petri-schalen sedimenteerde.

Het linkse grafiekje geeft de toestand weer zonder dat de lamp brandde; het rechtse bij gebruik van de lamp. In het laatste geval werden nog betrekkelijk veel bacteriën opgevangen. Aangenomen kan echter worden dat voornamelijk de pathogene verdwenen zijn, zodat het effect gunstiger is dan men bij oppervlakkige beschouwing van de grafiek zou verwachten.

Dikwijls is een meer plaatselijke sterilisatie van een bepaald oppervlak gewenst, bijv. op transportbanden, bij vulmachines, wasmachines, gistkuipen of in entruimten in bacteriologische laboratoria. Van de laatste toepassing geeft *fig. 12* een beeld.

In de zuivelindustrie worden soms van te voren gesteriliseerde blikjes over vrij grote afstand door transportbanden naar de vulmachines gevoerd, waarbij onderweg dikwijls besmetting door bacteriën optreedt. Hier is de oplossing eenvoudig te verwezenlijken door dicht boven de transportband een aantal TUV lampen te plaatsen waardoor de bussen steriel worden gehouden.

In laboratoria kunnen entkasten waarin een TUV-lamp is geplaatst goede diensten bewijzen. Als speciale toepassing noemen wij verder het gebruik van de TUV-lamp voor het tegengaan van algengroei in kweekkasten [2]).

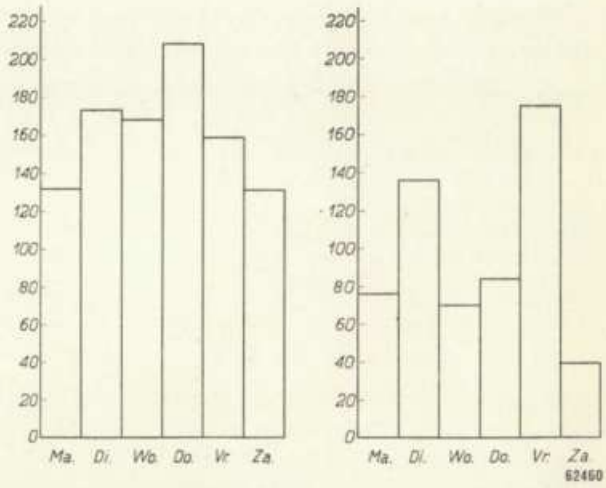

Fig. 11. Aantal kiemen dat zich op een voedingsbodem in Petrischalen ontwikkelde in een kleine kantoorruimte met druk verkeer. Links zonder, rechts met brandende TUV-lamp. Van links naar rechts op de zes werkdagen in een week.

[2]) R. van der Veen, Kweekkasten voor het bestuderen van de plantengroei onder reproduceerbare omstandigheden, Philips techn. T. **12**, 1-5, 1950 (No. 1).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

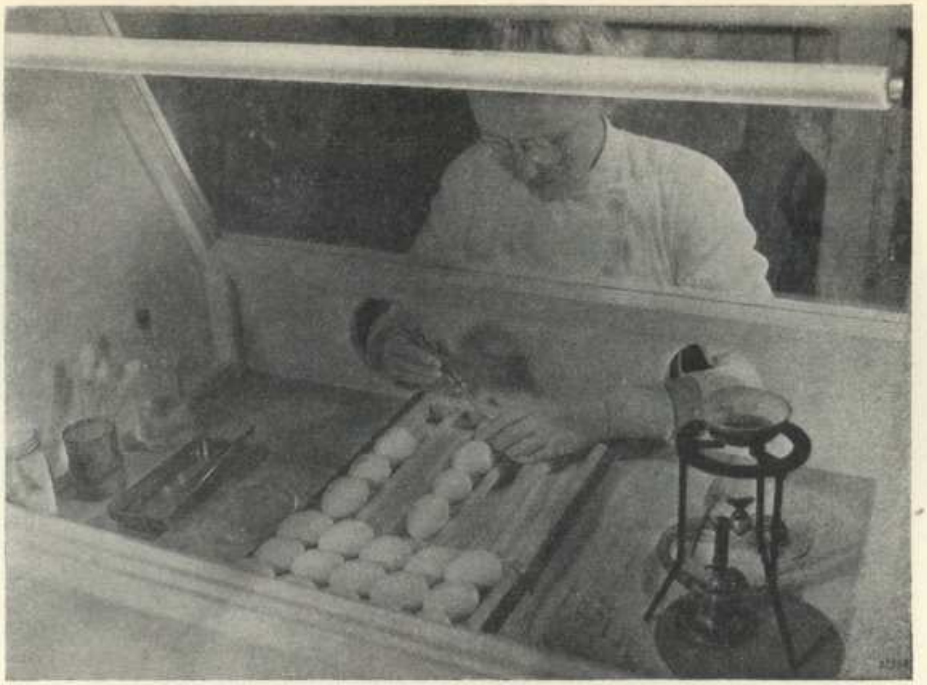

Fig. 12. Het enten van zeer infectueus materiaal op eieren, zoals dit geschiedt in het Instituut voor Tropische Hygiëne te Amsterdam. De kiemdodende lamp is hier vooral van belang voor de bescherming van het personeel.

Directe bestraling van oppervlakken heeft niet altijd het gewenste resultaat door de aanwezigheid van stof; hierin immers zijn bacterie- en schimmelsporen dikwijls omgeven door organisch materiaal, dat de straling tegenhoudt.

Het effect is na te gaan door gebruik te maken van filtreerpapiertjes die gedrenkt worden in een geschikte voedingsoplossing, bijv. agar. Door deze steriele papiertjes onder steriele omstandigheden op de te onderzoeken oppervlakken te plakken

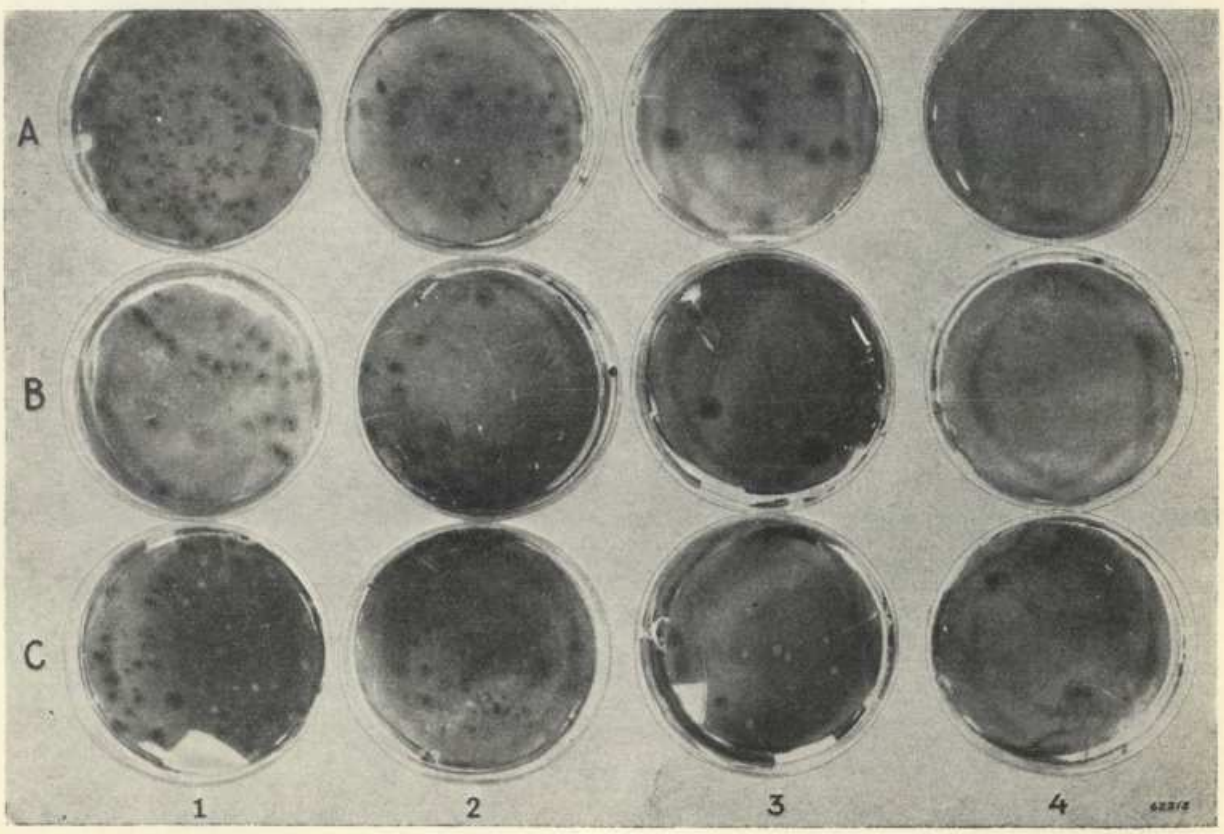

Fig. 13. Bacterie-ontwikkeling op vloeren. *A* linoleumvloer. *B* tegelvloer. *C* parketvloer. *1* zonder voorzorgen. *2* bestraald. *3* na 3 minuten stofzuigen. *4* na stofzuigen bestraald.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

bereikt men, dat een groot deel van de aanwezige kiemen blijft kleven op de agar. Na broeden krijgt men dan een indruk van de op het filtreerpapier ontstane vegetatie, zoals *fig. 13* toont. De meest linkse kolom zijn opnamen van een stoffige zeil-, tegel- resp. parketvloer. Worden deze vloeren direct bestraald, dan krijgt men het beeld van de tweede kolom.

In de practijk past men de gebruikelijke maatregelen als wassen, chemisch desinfecteren of stofzuigen toe. Het effect van 3 minuten stofzuigen is te zien in kolom 3. Hier is reeds een grote vermindering van het aantal kiemen merkbaar. Het gebruik van een goede stofzuiger is dus zeker aan te bevelen. Daarnaast, eventueel als aanvulling op mechanische reiniging, is dan een bestraling om het oppervlak steriel te houden in verschillende gevallen verantwoord. Men kan hierbij denken aan de vloer van gangen in ziekenhuizen, van douchecellen, van wachtkamers van artsen, van poliklinieken, waar al naar de wijze van het gebruik een gepaste ultravioletbestraling het aantal kiemen aanzienlijk kan verminderen.

Uit de vierde kolom blijkt, dat dan haast van een volkomen steriliteit gesproken kan worden.

Samenvatting. Ultraviolette straling van de golflengte 2537 Å heeft op bacteriën en schimmels een „inactiverende" werking, dwz. het proces van deling wordt geremd, zodat geen kolonievorming plaats vindt. Voor de opwekking van deze straling werd een lage druk kwikontladingslamp, de TUV-lamp, ontwikkeld. Door toepassing van deze lamp is het mogelijk het aantal kiemen belangrijk te verminderen op die plaatsen, waar schadelijke gevolgen te vrezen zijn. Een dosis van 5 mWsec/cm² is meestal voldoende om 90% der bestraalde bacteriën te inactiveren; de vereiste dosis hangt echter af van de soort, het milieu, en van de levensfase waarin de bacteriën tijdens de bestraling verkeren.

Bij de toepassing van deze lamp voor het desinfecteren van ruimten moet men door een geschikte constructie en plaatsing van de armaturen voorkomen dat de personen die in de bestraalde ruimte aanwezig zijn nadelige gevolgen van de straling ondervinden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN BACTERIE, 33000 MAAL VERGROOT

Opgenomen met de Philips electronenmicroscoop voor 100 kV. Naar de vorm wordt deze bacterie ingedeeld bij de groep Spirillum. Zij komt voor in water en is geen ziekteverwekker. Het praeparaat is geschaduwd door het opdampen van een legering van goud en palladium. De reliefstructuur van de enigszins uitgedroogde cel is daardoor mooi zichtbaar geworden. Aan beide einden ziet men een zweepdraad.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

VERZADIGING DER FLUORESCENTIE IN TELEVISIEBUIZEN

door A. BRIL en F. A. KRÖGER.

535.376:621.385.832

Het beeld dat men op het fluorescentiescherm van een kathodestraalbuis voor televisie-ontvangst waarneemt, is in het algemeen geen getrouwe weergave van het origineel. Een van de, zij het minder gewichtige, oorzaken hiervan is het feit dat het fluorescentielicht niet evenredig met de stroomsterkte van de electronenbundel blijft toenemen, maar een zg. verzadiging vertoont. Meestal is de invloed van dit verzadigingsverschijnsel niet merkbaar, maar in bepaalde gevallen kan het zeer hinderlijk zijn; zo kan, als gevolg ervan, de kleur van het fluorescentielicht afhankelijk worden van de belasting. Nader onderzoek leert hoe dit bezwaar kan worden ondervangen.

Inleiding

In kathodestraalbuizen, bijv. in oscillografen en in televisie-ontvangers, en bij de electronenmicroscoop maakt men gebruik van de fluorescentie van vaste stoffen [1]) door bestraling met electronen. In dit artikel zullen we ons bezighouden met enkele eigenschappen van de fluorescerende stoffen (fosforen) die in televisiebuizen worden toegepast.

De mogelijkheid van toepassing van fluorescerende stoffen voor dit doel berust voornamelijk op de eigenschap, dat de intensiteit van het fluorescentielicht groter wordt naarmate de stroomdichtheid in de electronenbundel stijgt. Zolang deze niet te groot is, neemt de intensiteit van het licht recht evenredig met de stroomdichtheid toe; bij grote stroomdichtheid echter minder dan evenredig, met andere woorden, het rendement van de fluorescentie neemt bij hoge belasting af. Ten slotte wordt bij toenemende stroomdichtheid de lichtintensiteit nauwelijks meer groter, men spreekt dan van verzadiging.

De genoemde afwijking van de evenredigheid tussen helderheid en stroomdichtheid draagt er toe bij dat de intensiteiten in het televisiebeeld niet evenredig zijn met de overeenkomstige intensiteiten in het origineel. Dit behoeft nog niet hinderlijk te zijn: ook bij een gewone foto-afdruk zijn de intensiteiten van beeld en origineel niet evenredig. Ook daar treedt „verzadiging" op, o.a. ten gevolge van het simpele feit dat de helderheid van het beeld nooit groter kan zijn dan die van het onbelichte witte papier.

De afwijking van de evenredigheid kan echter wel hinderlijk worden bij gebruik van een fluorescentiescherm dat, teneinde een wit beeld te verkrijgen, is samengesteld uit een mengsel van twee fosforen (bijv. een geel en een blauw fluorescerende), die zich ten aanzien van de verzadiging verschillend gedragen. Er treden dan bij hoge lichtintensiteit verkleuringen op, die men natuurlijk wenst te vermijden.

Bij het bestuderen van dit complex van verschijnselen dat wij kortweg in zijn geheel met de naam „verzadiging" willen aanduiden, moet men onderscheid maken tussen het geval van continue bestraling met electronen, waarbij de stroomdichtheid in elk punt van het scherm constant is in de tijd, en het geval van discontinue (intermitterende) bestraling, zoals optreedt als het scherm van een televisiebuis door een nauwe electronenbundel volgens een raster wordt afgetast. Nemen we eenvoudigheidshalve aan dat de doorsnede van de electronenbundel een vierkant is, en laten we de bundel in precies aaneensluitende stroken het gehele oppervlak van het beeld aftasten, dan heeft het tijdgemiddelde van de stroomdichtheid in alle punten van het scherm dezelfde waarde, J_d, en deze waarde komt overeen met de stroomdichtheid in een continue bundel, J_c, die bij gelijke totale stroom het volledige oppervlak van het scherm zou bestrijken. Zolang J_d en J_c niet te groot zijn, zal dan de helderheid van het scherm bij continue bestraling gelijk zijn aan die bij intermitterende bestraling. De werkelijke stroomdichtheid, J, die bij intermitterende bestraling optreedt, is echter vele malen groter dan J_d. Als f de beeldfrequentie en T de verblijftijd van de bundel is, dit is de tijd gedurende welke de bundel een bepaalde plaats van het scherm passeert, dan is

$$J_d = f\,J\,T;$$

f heeft in de meeste televisie-ontvangers de waarde 25 of 30 sec^{-1}, terwijl T van de orde van grootte van 10^{-7} sec is (zie aanhangsel). J is dus een factor ≈ 3 à $4 \cdot 10^5$ groter dan J_d.

[1]) Het gebruik van fluorescerende vaste stoffen is uitvoerig besproken in het artikel van F. A. Kröger, Toepassingen van luminescerende stoffen, Philips techn. T. **9**, 216-233, 1947.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

We zullen ons, omdat dit het practisch het meest voorkomende geval is, bij de studie van de verzadiging voornamelijk moeten bezig houden met het geval van intermitterende bestraling. Om verschillende redenen is het echter gewenst ook de continue bestraling in de beschouwing te betrekken, en wel ten eerste omdat dit geval theoretisch eenvoudiger is en ten tweede omdat de continue bestraling zich beter leent tot het doen van nauwkeurige experimenten. Wij moeten echter in het oog houden dat twee stoffen, die zich bij intermitterende bestraling gelijk gedragen, bij continue bestraling soms een geheel uiteenlopend gedrag vertonen. In *fig. 1* ziet men daar een voorbeeld van. We zullen zien dat dit daaraan te wijten is, dat de beide gevallen door enigszins verschillende factoren beheerst worden.

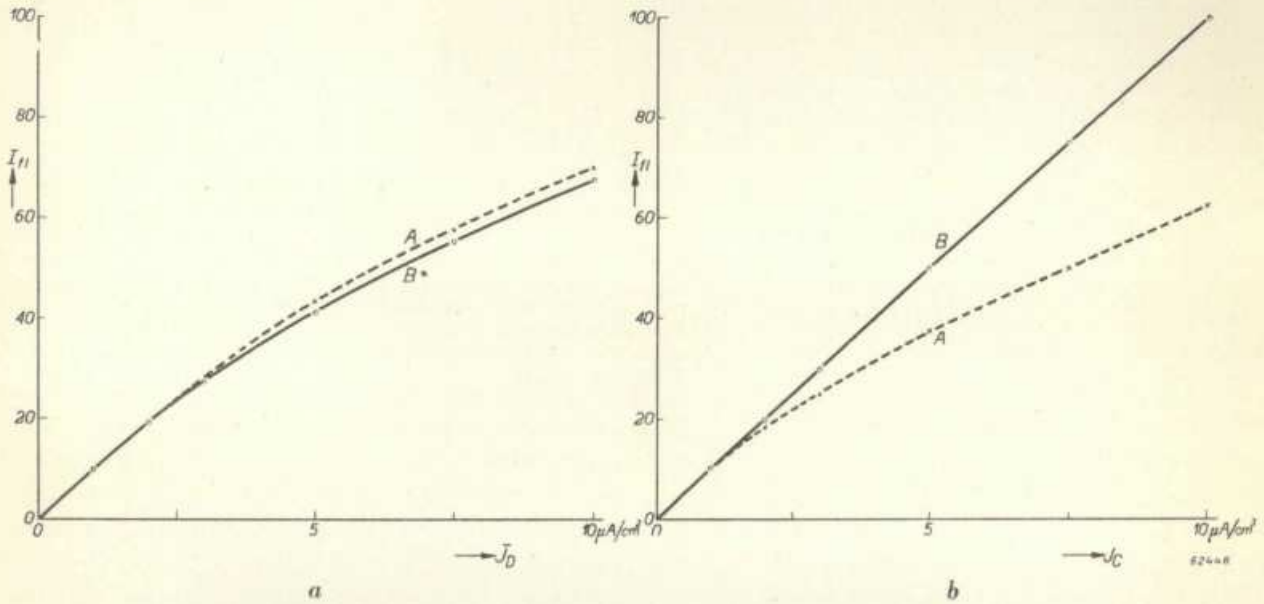

Fig. 1. *a*) Lichtopbrengst als functie van de gemiddelde stroomdichtheid voor een met mangaan geactiveerde zinksilicaatfosfor (*A*, Zn_2SiO_4 - 0,015% Mn_2SiO_4) en voor een met zilver geactiveerde zinksulfidefosfor (*B*, ZnS-0,010% Ag), in het geval van intermitterende bestraling. Beide fosforen hebben ongeveer hetzelfde activatorgehalte, en verzadigen bij even grote gemiddelde stroomdichtheid. *b*) Lichtopbrengst als functie van de stroomdichtheid voor dezelfde fosforen als in (*a*), nu echter in het geval van continue bestraling. De sulfidefosfor blijkt niet te verzadigen, de silicaatfosfor verzadigt ongeveer bij dezelfde stroomdichtheid als in het geval van intermitterende bestraling. De lichtopbrengst is, evenals in de analoge volgende figuren, in willekeurige eenheden uitgezet.

Oorzaak van de verzadiging

De evenredigheid tussen de lichtopbrengst en de stroomsterkte van de electronenbundel wordt verstoord door een effect dat ten nauwste met het mechanisme der fluorescentie samenhangt. Dit mechanisme kunnen we als volgt beschrijven. Als een electron met grote snelheid een kristal treft, wordt de energie van dit electron aan een aantal electronen van het kristalrooster overgedragen, waardoor deze in een toestand van grotere energie worden gebracht. In verreweg de meeste kristallen keren de op deze wijze geëxciteerde electronen zonder uitzending van straling naar de grondtoestand terug; de aanslagenergie wordt dan in energie van het rooster, dwz. in warmte omgezet.

Slechts in bijzondere systemen gaat de aanslagenergie, althans voor een gedeelte, in fluorescentiestraling over. Bij de meeste van deze stoffen wordt dit veroorzaakt door de aanwezigheid (in kleine concentratie) van vreemde atomen of atoomgroepen, zg. activatoren. Aan deze activatoren wordt de aanslagenergie gedeeltelijk overgedragen, waardoor deze op hun beurt in een aangeslagen toestand komen te verkeren. Na een kortere of langere tijd keren de activatorcentra onder uitzending van fluorescentiestraling weer naar hun grondtoestand terug.

Het gedeelte van de energie der roosterelectronen dat niet aan de activatoren is overgedragen, gaat als warmte verloren. Het energierendement van de fluorescentie zal dus noodzakelijkerwijze minder dan 100% bedragen. De hoogste waarde welke dit rendement in de practijk bereikt is ongeveer 20%.

Dat verzadiging kan optreden, is in deze gedachtengang begrijpelijk. Bij grotere stroomdichtheden worden namelijk steeds meer activatoren in de aangeslagen toestand gebracht. Nu kan een eenmaal aangeslagen activatorcentrum voorlopig geen

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

verdere energie meer opnemen, daar het enige tijd nodig heeft om onder straling naar de grondtoestand terug te keren; aangezien het totale aantal aanwezige centra uiteraard beperkt is, zal dus het aantal centra waaraan nog energie kan worden overgedragen, te klein worden. De energie der aangeslagen roosterelectronen zal dan in geringere mate in fluorescentiestraling worden omgezet dan bij kleine stroomdichtheid het geval was.

Er is nog een ander verschijnsel dat de evenredigheid tussen stroomdichtheid en lichtopbrengst beïnvloedt. Ten gevolge van het electronenbombardement wordt namelijk het fluorescentiescherm verwarmd, en wel zal de temperatuur van het scherm meer stijgen naarmate het aantal opvallende electronen groter is. Nu neemt de fluorescentie van vaste stoffen in het algemeen boven een bepaalde kritische temperatuur sterk af met toenemende temperatuur [2]). Wordt deze temperatuur overschreden, dan zal daardoor de lichtopbrengst minder met de stroomsterkte toenemen dan bij lagere temperaturen het geval was. Door een fosfor te kiezen waarvoor de kritische temperatuur zo hoog mogelijk ligt, kan men dit verschijnsel vermijden. In dit artikel zullen wij ons daar niet verder mee bezighouden.

Theorie van de verzadiging der fluorescentie

Teneinde inzicht te verkrijgen in de factoren die de verzadiging bepalen, beschouwen wij de energieniveaus van een fluorescerend kristal, zoals die zeer schematisch in *fig. 2* zijn voorgesteld [3]).

Het grondniveau is door *0* aangegeven, een aangeslagen niveau door *1*. Bij een bepaalde stroomdichtheid J van de electronenbundel worden per seconde per eenheid van volume I roosterelectronen in het kristal aangeslagen. I is altijd (behalve voor uiterst grote stromen, waar wij ons niet mee bezig houden) recht evenredig met J. Het systeem kan van het niveau *1* zonder uitzending van straling naar het niveau *0* terugkeren; de waarschijnlijkheid voor deze overgang in het tijdsinterval dt zij gelijk aan $\alpha\, dt$ [4]). Het kan ook gebeuren dat het systeem van niveau *1* overgaat in een toestand *2*, waarin een gedeelte van de energie aan een activatorcentrum is overgedragen, waardoor dit in een aangeslagen toestand komt te verkeren. De kans dat een dergelijk proces plaats heeft in het tijdsinterval dt, is evenredig met het aantal niet aangeslagen activatorcentra, en kan dus worden voorgesteld door $\beta(N-n_2)\, dt$, waarin N het totale aantal activatorcentra per volume-eenheid, n_2 het aantal aangeslagen centra per volume-eenheid voorstelt (dus $n_2 < N$) en β een evenredigheidsconstante is. Het geval dat een activatorcentrum direct door

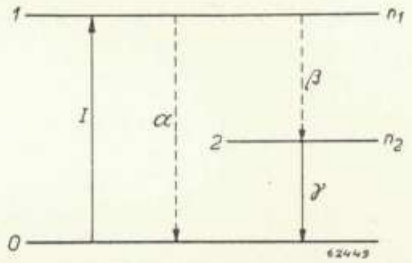

Fig. 2. Energieniveaus in een fluorescerend kristal; *0* grondniveau, *1* aangeslagen niveau van het rooster, *2* toestand waarin een activator is aangeslagen. De grootheden α, β en γ bepalen de waarschijnlijkheid van de verschillende overgangen in het kristal. De bezettingen der niveaus *1* en *2* zijn door n_1 resp. n_2 aangegeven. Stralingloze overgangen zijn gestippeld.

een opvallend electron wordt geëxciteerd, is zeer zeldzaam en mag worden verwaarloosd. Een aangeslagen centrum keert onder uitzending van fluorescentiestraling terug naar de grondtoestand; in het tijdsinterval dt zij de kans voor deze overgang γdt.

De overgangswaarschijnlijkheden voor de drie genoemde processen zijn dus respectievelijk α, $\beta\,(N-n_2)$ — welke grootheid bij niet te hoge belasting van de orde van grootte βN is — en γ. In de praktijk geldt in goede benadering dat α en βN minstens 10^8 sec^{-1} zijn. Voor de verhouding $\alpha/\beta N$ wordt in de regel een getal groter dan 3 gevonden. De constante γ kan van stof tot stof zeer verschillen; in het algemeen ligt deze tussen 10^2 en 10^6 sec^{-1}. De reciproke waarde $1/\gamma$ van deze constante is de gemiddelde levensduur, τ, van een aangeslagen activatorcentrum; τ varieert dus tussen 10^{-2} en 10^{-6} sec.

Als wij de bezetting (per volume-eenheid) van het niveau *1* aanduiden met n_1 en die van het niveau *2* met n_2, kunnen wij het verloop van n_1 en n_2 beschrijven door de differentiaalvergelijkingen:

$$\frac{dn_1}{dt} = I - \alpha n_1 - \beta n_1 (N-n_2), \quad . \quad . \quad (1)$$

$$\frac{dn_2}{dt} = \beta n_1 (N-n_2) - \gamma n_2 . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Na hetgeen reeds gezegd is, zal de betekenis der verschillende termen zonder meer duidelijk zijn. Wij wijzen er nog op dat de term γn_2 in (2) het aantal per seconde per eenheid van volume

[2]) Zie F. A. Kröger en W. de Groot, De invloed van de temperatuur op de fluorescentie van vaste stoffen, Philips techn. T. **12**, 6-14, 1950 (No. 1).

[3]) Voor een uitgebreide mathematische behandeling van de verzadiging zij verwezen naar: A. Bril, On the saturation of fluorescence with cathode-ray excitation, Physica **15**, 361-379, 1949 (No. 3/4).

[4]) Wij nemen aan dat dit proces „monomoleculair" verloopt, dwz. dat de kans voor een overgang evenredig is met de eerste macht van de bezetting van het niveau *1*. Het „bimoleculaire" géval, waarin wij te maken hebben met een recombinatie van electronen en „lege plaatsen" (zie de in [2]) en [3]) genoemde artikelen), en waarin de kans op een overgang evenredig is met het kwadraat van de bezetting van niveau *1*, wordt hier buiten beschouwing gelaten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

uitgezonden lichtquanta voorstelt. Het is dus van belang het gedrag van n_2 als functie van het aantal per seconde aangeslagen roosterelectronen I en van de tijd t te leren kennen. Hierbij moet het boven aangestipte onderscheid worden gemaakt tussen het geval van continue bestraling en dat van intermitterende bestraling. Voor de loop der berekeningen wordt verwezen naar het aanhangsel; de resultaten zijn de volgende.

Voor het geval van continue bestraling vindt men voor het verband tussen I en het aantal fluorescentiequanta L_c dat per seconde per eenheid van volume wordt uitgezonden, in goede benadering:

$$L_c = \gamma n_2^* \approx \frac{\eta_0 I}{1 + \eta_0 I/\gamma N} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Hierin stelt n_2^* de constante eindwaarde voor die n_2 verkrijgt wanneer de bestraling enige tijd geduurd heeft, en η_0 het quantumrendement van de fluorescentie bij kleine stroomdichtheid, d.i. het aantal geëmitteerde lichtquanta per aangeslagen electron in het grondrooster. η_0 is gegeven door de betrekking:

$$\eta_0 = \frac{\beta N}{\alpha + \beta N} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

In het vervolg zullen we onderstellen dat $\alpha/\beta N \approx 10$, zodat dus $\eta_0 \approx 0{,}1$ bedraagt.

Uit (3) ziet men direct, dat de evenredigheid tussen L_c en I verstoord begint te worden zodra de term $\eta_0 I/\gamma N$ in de noemer, die bij lage belasting $\ll 1$ is, van de orde 1 gaat worden, dus wanneer I zo groot wordt dat voldaan is aan

$$\eta_0 I \approx \gamma N = N/\tau \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Voor het geval van intermitterende bestraling hangt de lichtintensiteit nog af van de verblijftijd T van de electronenbundel. Daar T veel kleiner is dan τ, zal zich nu geen stationnaire toestand instellen. Wij vinden voor het gemiddelde aantal quanta L_d dat per sec wordt uitgezonden dan ook een andere uitdrukking, en wel is in goede benadering:

$$L_d \approx fN\,(1 - e^{-\eta_0 IT/N}) \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

($f =$ de beeldfrequentie). Wanneer wij het tijdgemiddelde van het aantal aangeslagen electronen $I = f\,IT$ invoeren, gaat deze formule over in

$$\bar{L}_d \approx fN\,(1 - e^{-\eta_0 I/fN}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6a)$$

Afwijking van de evenredigheid tussen L_d en I zal hier optreden zodra $\eta_0\, I/fN = \eta_0 IT/N \approx 1$ wordt, dus als

$$\eta_0 I \approx fN \quad \text{of} \quad \eta_0 I \approx N/T, \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

welk resultaat men moge vergelijken met formule (5).

Bij de bovenstaande resultaten is niet in rekening gebracht de invloed van zg. doofcentra, dit zijn centra van dezelfde aard als activatorcentra, doch met de eigenschap dat zij zonder uitzending van straling uit de aangeslagen toestand naar de grondtoestand terugkeren. Dit is voor onze beschouwingen gerechtvaardigd, daar we voorlopig willen aannemen dat de concentratie van de activatorcentra veel groter is dan die der doofcentra. Later komen we nog op de dovers terug.

Vergelijking tussen het geval van continue en intermitterende bestraling

Om de verzadiging van een zelfde fosfor bij continue en bij intermitterende bestraling te vergelijken, zullen wij in een grafiek de lichtintensiteit uitzetten tegen de stroomdichtheid resp. de gemiddelde stroomdichtheid. De krommen die men dan vindt worden karakteristieken genoemd. Uit (3) volgt dat bij continue bestraling de hoeveelheid per eenheid van volume per seconde geëmitteerde lichtquanta nadert tot γN, als we de stroomdichtheid onbegrensd laten aangroeien. Bij intermitterende bestraling volgt uit (6a) dat in dit geval de grenswaarde van de hoeveelheid

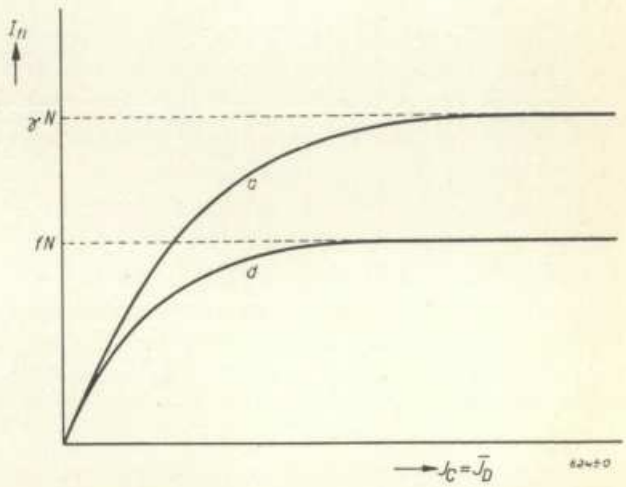

Fig. 3. Vergelijking van de karakteristieken van eenzelfde fosfor, eenmaal bij continue bestraling, kromme c, en eenmaal bij intermitterende bestraling, kromme d. Als abscis zijn op dezelfde schaal uitgezet de stroomdichtheid resp. de gemiddelde stroomdichtheid in de bundel.

lichtquanta gelijk is aan fN. Voor kleine waarden van de stroomdichtheid is het aantal uitgezonden quanta gelijk (zie hierboven). Tekenen we beide karakteristieken in één figuur (*fig. 3*), dan zien we dus twee krommen die dezelfde beginhelling, doch een verschillend „plafond" hebben, nl. γN voor het continue en fN voor het intermitterende geval.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De beeldfrequentie f is in Nederlandse televisieontvangers gelijk aan 25 sec^{-1}; γ kan, zoals we reeds zagen, variëren tussen 10^2 en 10^6 sec^{-1}. Een fosfor met grote γ (korte levensduur der aangeslagen centra) zal zich nu geheel anders gedragen dan een met kleine γ. Is het quotient γ/f van de orde 1, hetgeen voorkomt bij de laagste waarden van γ, zoals die bij met mangaan geactiveerde silicaatfosforen kunnen optreden, dan ligt voor beide krommen het „plafond" ongeveer even hoog, en zal dus, indien onder discontinue bestraling bij een zekere J_I verzadiging merkbaar wordt, onder continue bestraling bij een ongeveer even grote J_c eveneens verzadiging optreden. Maar als $\gamma \gg f$, zoals bij vele bijv. met zilver geactiveerde sulfiden het geval is ($\gamma \approx 10^5$), zal het plafond voor continue bestraling bijv. een factor 1000 hoger liggen dan voor intermitterende bestraling. Men zal dan bij continue bestraling in het gebied van stroomdichtheden waarbij in het discontinue geval verzadiging merkbaar wordt, geen spoor van afwijking van de evenredigheid zien. Om ook in het continue geval experimenten aangaande de verzadiging te kunnen doen, zou men met een 1000× zo grote stroomdichtheid moeten werken, hetgeen veelal niet mogelijk is.

Vergelijking van de karakteristieken van twee fosforen

Wil men de fluorescentie van twee verschillende fosforen vergelijken, bijv. bij intermitterende bestraling, dan kan men weer de beide karakteristieken in één figuur tekenen. Om direct te kunnen oordelen over een eventueel verschil in verzadiging, kan men door een kunstgreep de beginhellingen van beide krommen gelijk maken, nl. door de schaal van de ordinaat van de ene kromme te vergroten met een factor die gelijk is aan de verhouding der beginrendementen van beide fosforen. De kromme welke na deze transformatie het laagste plafond bezit, behoort bij de fosfor welke de sterkste verzadiging vertoont.

Voor intermitterende bestraling wordt de verzadiging geheel bepaald door fN, dus door N, daar f bij een gegeven televisiesysteem een constante is. Fosforen met grote N (groot activatorgehalte) zullen dus minder verzadigen dan die met kleine N. Deze conclusie blijft in zijn algemeenheid geldig wanneer we twee fosforen vergelijken bij continue bestraling; hierbij hangt echter de verzadiging af van het product γN, dus behalve van N ook nog van γ; twee fosforen met ongeveer hetzelfde activatorgehalte, doch met verschillende γ zullen dus ongelijk verzadigen; de fosfor met de grootste γ vertoont de minste verzadiging.

Experimentele resultaten

Aan de hand van de hierboven afgeleide theoretische resultaten en beschouwingen zullen wij nu enkele experimentele uitkomsten gaan bespreken. Allereerst willen wij het verschillend gedrag der beide fosforen in fig. 1 begrijpen. Uit het feit dat de beide krommen in fig. 1*a* nagenoeg samenvallen volgt dat van deze twee beschouwde fosforen het aantal fluorescentiecentra per volume-eenheid ongeveer gelijk moet zijn (als we nog steeds afzien van de invloed van dovers), terwijl het grote verschil tussen de krommen in fig. 1*b* wijst op een aanzienlijk verschil in γ. Inderdaad is voor de silicaatfosfor A de waarde van τ ca 10^{-2} sec, terwijl de levensduur der aangeslagen centra voor de sulfidefosfor B $2 \cdot 10^{-5}$ sec bedraagt. A zal dus bij continue bestraling spoedig, B bij dezelfde stroom nagenoeg niet verzadigen.

Daar van de stof A de waarde van γ ($\approx 10^2$) vergelijkbaar is met die van f ($= 25$) zal de verzadiging van A bij continue bestraling bij ongeveer dezelfde stroomdichtheid merkbaar worden als in het geval van intermitterende bestraling, indien men daar de lichtintensiteit uitzet tegen de gemiddelde stroomdichtheid J_d en de krommen bij eenzelfde aantal $\mu A/cm^2$ vergelijkt.

De invloed van de activatorconcentratie, dus van N op de verzadiging is goed te zien in *fig. 4*, waarin de karakteristieken zijn uitgezet van een aantal silicaten geactiveerd met verschillende hoeveelheden mangaan. Daar γ vrijwel onafhankelijk

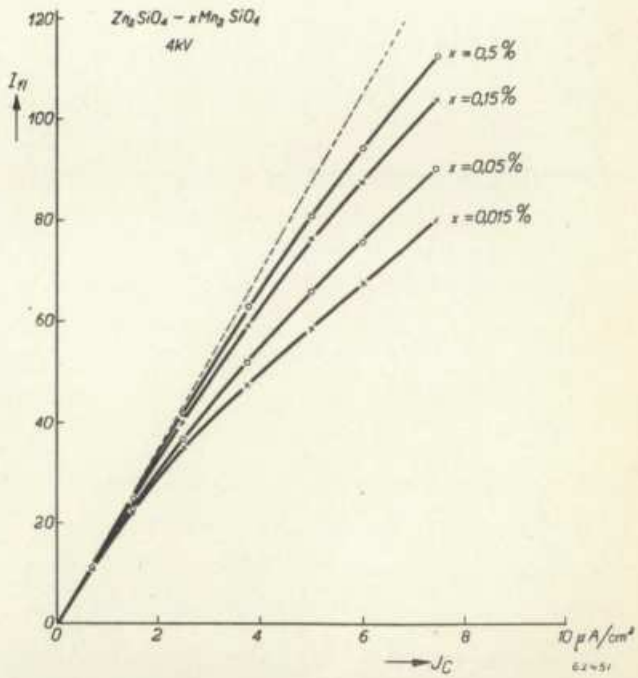

Fig. 4. Karakteristieken voor continue bestraling van een aantal met mangaan geactiveerde zinksilicaatfosforen. Bij toenemend activatorgehalte wordt de verzadiging minder. De karakteristieken zijn op gelijke beginhelling gebracht.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

is van N, is N hier de enige variabele. Inderdaad ziet men dat de karakteristiek van de fosfor met toenemende activatorconcentratie (toenemend mangaangehalte) minder krom wordt.

Voor toepassing bij de televisie hebben we de keuze uit een aantal fluorescerende stoffen, waarvan de zink- en zinkcadmiumsulfiden en -sulfoseleniden geactiveerd met zilver, en de zink-, zinkberyllium- en calcium-magnesiumsilicaten geactiveerd met mangaan resp. titanium de belangrijkste zijn. De sulfiden hebben een gering activatorgehalte (ca 0,01%), doch een hoog rendement (ca 15-20%); de silicaten daarentegen hebben een veel groter activatorgehalte (0,1-2%) doch een lager rendement (ca 7%). Voor die toepassingen waarbij de verzadiging geen grote rol speelt, zoals in direct-zicht televisiebuizen, zullen dan ook meestal sulfiden gebruikt worden. In projectie-televisiebuizen — dit zijn kleine televisiebuisjes met een zeer lichtsterk beeld, dat men vergroot op een scherm kan projecteren [5]) — is de belasting echter zo hoog dat het voorkómen van de verzadiging een belangrijker eis is dan een hoog rendement bij kleine stroomdichtheid; men gebruikt dan ook in deze buisjes de silicaten.

Onderlinge aanpassing van de karakteristieken van de componenten van een fosformengsel

De witte kleur van het fluorescentielicht in televisiebuizen wordt in het algemeen verkregen met behulp van een mengsel van twee fosforen, waarvan de ene blauw en de andere geelgroen fluoresceert. Men zal nu de eis stellen, dat de kleur van het scherm onder intermitterende bestraling dezelfde is voor elke stroomdichtheid; met andere woorden, de verhouding van de intensiteit van het blauwe licht tot die van het gele licht moet nagenoeg constant zijn. Dit betekent, dat wanneer wij de beginhellingen van beide karakteristieken gelijk maken, de krommen volledig zullen samenvallen. Indien aan deze eis is voldaan, noemen we de karakteristieken gelijkvormig. Een mengsel van twee fosforen met niet gelijkvormige karakteristieken zal fluorescentielicht te zien geven waarvan de kleur varieert met de bestralingsintensiteit indien deze zo groot wordt dat een der fosforen reeds een begin van verzadiging vertoont. Bij een silicaatmengsel, dat weinig verzadigt, bestaat hiervoor weinig gevaar, bij een sulfidemengsel, of een mengsel van een sulfide en een silicaat, moeten wij terdege met dit verschijnsel rekening houden.

[5]) Vgl. J. de Gier, Een televisie-ontvanger met geprojecteerd beeld, II. De kathodestraalbuis, Philips techn. T. **10**, 129-136, 1948.

Stellen wij ons eens voor dat wij een wit fluorescerend mengsel van fosforen samenstellen uit een blauw fluorescerend met zilver geactiveerd zinksulfide en een geel fluorescerend met zilver geactiveerd zink-cadmiumsulfide. De geel fluorescerende fosfor blijkt bij kleinere waarden van de gemiddelde stroomdichtheid te verzadigen dan de blauw fluorescerende fosfor. Hoe kunnen wij nu de vorm van een der karakteristieken zodanig wijzigen, dat gelijkvormigheid wordt bereikt? Er staan ons hiervoor drie methoden ten dienste.

1) Vergroting van de activatorconcentratie in de gele component. Hierdoor zal het plafond van de gele karakteristiek hoger komen te liggen. We kunnen de activatorconcentratie echter niet onbeperkt vergroten, daar er een concentratie bestaat waarbij het rendement van de fosfor maximaal is. Bovendien is de oplosbaarheid van de activatoratomen in het kristalrooster beperkt. Met deze methode zullen we dus in het algemeen niet veel resultaat bereiken.

2) Vermindering van de activatorconcentratie in de blauwe component. Hierdoor vermindert de hoogte van het plafond in de blauwe karakteristiek. De vermindering van de activatorconcentratie heeft nauwelijks invloed op het rendement van de fluorescentie bij lage belasting. Slechts bij de allerkleinste activatorconcentraties treedt een daling van het beginrendement op. Dan is òf het activatorgehalte zo gering dat ook bij kleine bestralingsintensiteiten al verzadiging optreedt, òf de concentratie van de activatoren is van dezelfde orde geworden als de concentratie der, in de regel in kleine concentratie aanwezige, doofcentra. In onderstaande tabel wordt de invloed van het activatorgehalte op het beginrendement geïllustreerd voor het geval van een met zilver geactiveerde zinksulfidefosfor (spanning over de kathodestraalbuis 10 kV).

Activatorgehalte in atoomprocent	Beginrendement in procent
$1 \cdot 10^{-2}$	22
$6 \cdot 10^{-3}$	22
$4 \cdot 10^{-3}$	22
$1 \cdot 10^{-3}$	18

In *fig. 5* is een voorbeeld gegeven van de aanpassing van twee karakteristieken door vermindering der activatorconcentratie in de bij hogere belasting verzadigende component.

Bij deze aanpassingsmethode dient men er voor zorg te dragen, dat geen zelfactivering optreedt. Onder zelfactivering verstaat men het verschijnsel dat de vermindering van de activatorconcentratie wordt tegengewerkt door het

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

optreden in het kristalrooster van nieuwe activatorcentra, welke door de atomen van het rooster zelf worden gevormd; de totale activatorconcentratie verandert dan vrijwel niet. Door een speciale bereidingswijze kan zelfactivering worden voorkomen.

3) Inbouw van extra doofcentra in het rooster van de gele component. Van de energie die bij aanwezigheid van weinig doofcentra bijna volledig aan de activatoren ten goede kwam, zal nu een

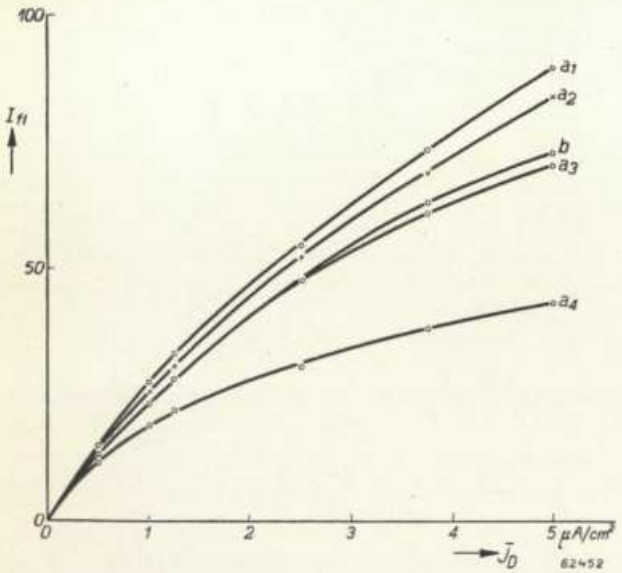

Fig. 5. Aanpassing van karakteristieken door vermindering van het activatorgehalte in de minder verzadigende component. a_1, a_2, a_3 en a_4: karakteristieken van ZnS-xAg (blauw), waarin x = 0,01; 0,006; 0,004 en 0,001 atoomprocent; b:karakteristiek van (Zn, Cd)S - Ag (geel).
De aanpassing is het best wanneer x = 0,004%. De krommen zijn op gelijke beginhelling gebracht.

aanzienlijk gedeelte door de dovers worden opgenomen, met als gevolg dat de intensiteit van het fluorescentielicht zal afnemen; het rendement η_0 van de fluorescentie daalt dus. Bij bestralingsintensiteiten die bij afwezigheid van dovers tot verzadiging zouden leiden, zal nu overeenkomstig minder van verzadiging bemerkt worden. Dit alles komt in de karakteristiek tot uiting als een vlakker doch rechter verloop van deze kromme. Bij voldoend grote bestralingsintensiteit zal ook bij aanwezigheid van dovers ten slotte verzadiging optreden, want het plafond van de karakteristiek blijft natuurlijk hetzelfde, nl. fN.

Men kan gemakkelijk inzien dat toevoeging van dovers eigenlijk een „paardenmiddel" is. De daling van het rendement bij lage bestralingsintensiteiten is meestal zo aanzienlijk dat men van deze wijze van aanpassing van de karakteristieken alleen dan zal gebruik maken wanneer slechts een kleine correctie gewenst is. In *fig. 6* is een voorbeeld van deze methode gegeven; door de toevoeging van 0,005% nikkel aan de geel fluorescerende fosfor daalt het rendement bij lage belasting van 15% tot op 3%. Het spreekt vanzelf dat men, om de witte kleur van het menglicht te handhaven, nu relatief meer van de geel lichtende fosfor moet toevoegen.

Kleurverandering bij defocussering van de electronenbundel in televisiebuizen

Wij bespreken ten slotte een bijzonderheid die men bij de intermitterende bestraling van het televisiescherm kan opmerken. Wanneer de karakteristieken van de beide componenten van een wit fluorescerend mengsel gelijkvormig zijn, en dus bij hoge belasting beide componenten gelijkelijk verzadigd zijn en geen kleurverandering optreedt, kan bij defocusseren toch kleurverandering voorkomen. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer wij een blauw fluorescerend met titanium geactiveerd calcium-magnesiumsilicaat mengen met een geel fluorescerend met mangaan geactiveerd zinkberyllium-silicaat. Wanneer men in dit geval bij hogere belasting het scherm aftast, wordt de kleur blauwer bij defocusseren van de bundel. Men zou op het eerste gezicht geneigd zijn dit toe te schrijven aan een eerdere verzadiging van de gele component, maar de karakteristieken zijn zoals reeds gezegd gelijkvormig, en hier kan dus de oorzaak niet liggen. De juiste verklaring is de volgende:

We hebben te maken met intermitterende belasting. Nemen we aan dat bij goede focussering de lijnen van het raster niet ten dele over elkaar heen vallen, dan zal een bepaalde plek van het scherm eens per 0,04 sec worden getroffen. Defocusseren wij nu de bundel, dan zullen de lijnen van het raster over elkaar heen vallen, met het gevolg dat de electronenbundel niet eens per volledige aftasting een bepaalde plek passeert, doch enkele malen achter elkaar, met

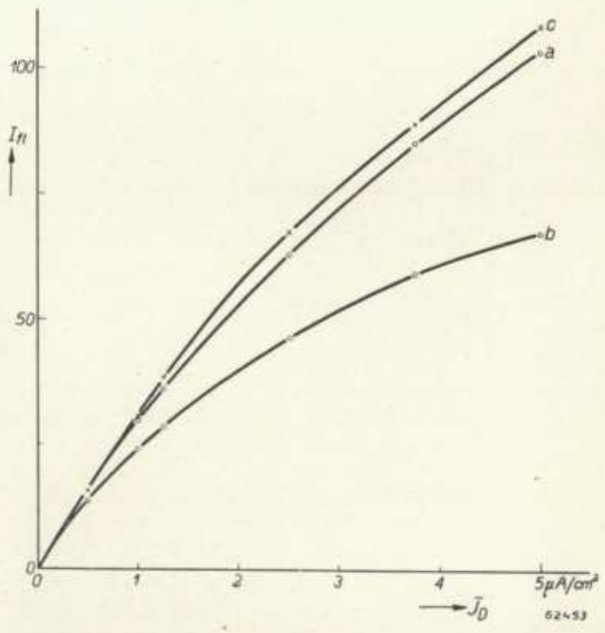

Fig. 6. Aanpassing van karakteristieken door toevoeging van dovers. De karakteristiek a van ZnS-0,01% Ag (blauw), valt vrijwel geheel samen met kromme c, de karakteristiek van (Zn, Cd) S-0,01% Ag-0,005% Ni (geel). Bij afwezigheid van nikkel als dover in de laatste fosfor wijkt de gele karakteristiek, kromme b, aanzienlijk van de blauwe af. Alle krommen zijn op gelijke beginhelling gebracht.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

tussenpozen die gelijk zijn aan de tijd waarin de bundel een lijn van het raster beschrijft, dit is in ons geval ca 10^{-4} sec.

De blauwe component van het fosformengsel nu heeft een τ van $2{,}5\cdot10^{-5}$ sec. Dus zullen bij elke passage van de gedefocusseerde bundel vrijwel alle activatorcentra van deze fosfor zich weer in de grondtoestand bevinden, zoals in *fig. 7a* is voorgesteld. De gele component heeft een τ van ongeveer 0,006 sec; dit wil zeggen dat in 10^{-4} sec het aantal activatorcentra dat ten gevolge van een vorige passage van de electronenbundel is aangeslagen, nog niet noemenswaard verminderd is. Dit is in fig. 7*b* geïllustreerd. Het gevolg van het verschil in τ zal zijn, dat wanneer de intensiteit van de electronenbundel zo groot is dat bij een goede focussering beide componenten verzadiging vertonen, bij defocussering de verzadiging van de blauwe component zal verminderen, en die van de gele component niet of slechts weinig. De kleur van het fluorescentielicht zal dus blauwer worden.

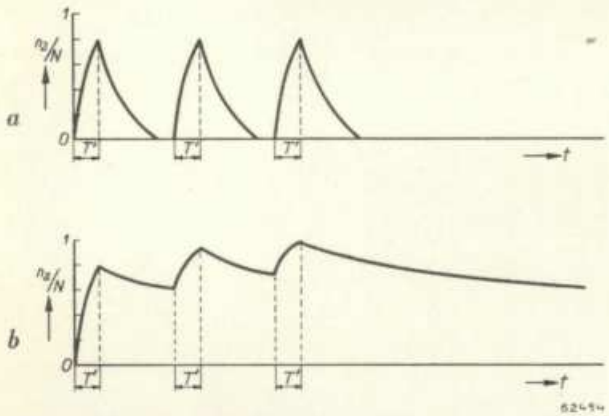

Fig. 7. Wanneer de electronenbundel in een televisiebuis iets gedefocusseerd wordt, zal een bepaalde plaats op het fluorescentiescherm niet slechts eenmaal tijdens de aftasting van het gehele scherm getroffen worden, doch enkele keren achter elkaar, telkens wanneer een nieuwe lijn beschreven wordt. Het verloop van het aantal aangeslagen activatorniveaus met de tijd is in het geval van drie achtereenvolgende passages tijdens een aftasting aangeven, *a*) als de levensduur der aangeslagen niveaus klein is ten opzichte van de tijd die verstrijkt tussen twee opeenvolgende passages (in ons geval ca 10^{-4} sec), *b*) als de levensduur groot is ten opzichte van die tijd. T' is de verblijftijd van de verbrede electronenbundel op een bepaalde plaats van het scherm.

Wij kunnen dit bevestigen door het fluorescentiescherm bij hoge belasting eens door filters die blauw resp. geel licht doorlaten te bekijken. Bij gebruik van een blauw filter vermindert de intensiteit van het licht bij focusseren aanzienlijk, bij gebruik van een geel filter is de vermindering slechts klein. Dat toch wel enige vermindering optreedt is het gevolg van de interliniëring van het raster bij televisiebuizen: doordat twee naburige lijnen niet tijdens een enkele aftasting achtereenvolgens bestraald worden, zal een gedeelte van de gedefocusseerde bundel toch nog gele activatorcentra, die niet zijn aangeslagen, kunnen treffen. (Dit geldt natuurlijk slechts dan wanneer de defocussering niet te sterk is.)

Het hierboven beschreven verschijnsel schijnt in strijd te zijn met onze bewering dat in het geval van intermitterende bestraling de verzadiging onafhankelijk is van τ. Bij onze uiteenzettingen over dit geval was echter aangenomen dat de tijd welke verloopt tussen twee opeenvolgende passages van de electronenbundel groot is ten opzichte van deze nalichtduur. Hieraan is in het bovenstaande voorbeeld voor de gele component niet voldaan.

Aanhangsel: Afleiding van de betrekkingen (3) en (6)

Bij continue bestraling van een fosfor met electronen zal zich op den duur een stationnaire toestand instellen; de bezettingen van de niveaus veranderen dan niet meer en n_1 en n_2 nemen constante waarden aan, die we met n_1^* en n_2^* zullen aanduiden. De differentiaalquotienten in de linkerleden van (1) en (2) mogen gelijk aan nul worden gesteld, zodat:

$$I - \alpha n_1^* - \beta n_1^* (N - n_2^*) = 0 , \quad . . . . \quad (8)$$

$$\beta n_1^* (N - n_2^*) - \gamma n_2^* \quad = 0 . \quad . . . . \quad (9)$$

Voor het per seconde en per eenheid van volume uitgezonden aantal fluorescentiequanta vindt men

$$L_e = \gamma n_2^* = \frac{I}{\frac{\alpha + \beta N}{\beta N} + \frac{\alpha}{\beta N}\frac{n_2^*}{N - n_2^*}} . \quad . . . . \quad (10)$$

De verhouding L_e/I stelt het quantumrendement voor, dit is het aantal uitgezonden quanta per geëxciteerd electron. Bij kleine stroomdichtheid, dus kleine n_2^*, vindt men voor dit rendement

$$\eta_0 = \frac{\beta N}{\alpha + \beta N} ,$$

waarmede we formule (4) hebben afgeleid. Zoals reeds vermeld stellen we $\alpha/\beta N \approx 10$; door dan in (10) een kleine verwaarlozing in te voeren, vindt men

$$L_e = \frac{\eta_0 I}{1 + \eta_0 I/\gamma N} .$$

Hiermede is (3) afgeleid.

Bij discontinue bestraling, waarmede wij in televisiebuizen te maken hebben, is het niet mogelijk een zo eenvoudige redenering toe te passen als in het continue geval. Onderstellen wij eenvoudigheidshalve dat het afgetaste deel van het scherm een vierkant is. Het beeld wordt verdeeld in m aaneensluitende stroken. Als de doorsnede van de bundel een vierkantje is, bestaat dus het volledige oppervlak van het beeld uit m^2 beeldelementen ter grootte van die doorsnede. Per seconde passeert de bundel fm^2 beeldelementen (f is weer de beeldfrequentie), dus de verblijftijd in elk punt van het scherm is $T = 1/fm^2$ sec. Is bijvoorbeeld $m = 625$ en $f = 25$, dan is $T \approx 10^{-7}$ sec.

Het is zonder meer duidelijk dat in deze tijd, welke zeer kort is vergeleken met de levensduur τ der aangeslagen activatorcentra, zich in de bestraalde fosfor geen stationnaire toestand zal instellen. Om na te gaan hoe de fosfor zich gedraagt, moeten we dus allereerst het verloop van n_2 met de tijd beschouwen. Dit is in principe mogelijk door uit (1) en (2) n_1 te elimineren, maar het resultaat is niet in gesloten vorm op te schrijven.

De oplossing van de vergelijkingen (1) en (2) kan echter, zonder de juistheid der conclusies ernstig te beïnvloeden, aanmerkelijk worden vereenvoudigd door in (1) de grootheid n_2 ten opzichte van N te verwaarlozen. Men vindt dan voor n_1

$$\frac{dn_1}{dt} = I - (\alpha + \beta N) n_1 ,$$

met als oplossing:

$$n_1 = \frac{I}{\alpha + \beta N} (1 - e^{-(\alpha + \beta N) t}) .$$

We zien dus dat n_1 binnen zeer korte tijd ($\approx 10^{-8}$ sec) een stationnaire waarde aanneemt. (Daar het niveau *2* na deze korte tijd nog lang niet gevuld is, zal de verwaarlozing van n_2 in vergelijking (1) geen grote invloed hebben gehad.)

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Vullen wij de stationnaire waarde in (2) in, dan wordt, met het oog op (4):

$$\frac{dn_2}{dt} = I\eta_0 - \left(\frac{I\eta_0}{N} + \gamma\right) n_2 , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

met als oplossing:

$$n_2 = \frac{I\eta_0}{\frac{I\eta_0}{N} + \gamma} \left[1 - e^{-\left(\frac{I\eta_0}{N} + \gamma\right)t}\right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Hiermee is het gezochte verband tussen n_2 en t gevonden.

Het is nu nodig, na te gaan hoeveel lichtquanta gemiddeld per sec en per eenheid van volume door de fosfor worden uitgestraald.

Als de bundel het beschouwde element van het scherm is gepasseerd, dus op het tijdstip $t = T$, is het aantal aangeslagen centra per eenheid van volume gelijk aan $n_2(T)$. Al deze centra zullen vroeger of later, gemiddeld na een tijd τ, een quantum emitteren. Het aantal lichtquanta per stroomimpuls is dus eenvoudig gelijk te stellen aan $n_2(T)$ en het gemiddelde aantal lichtquanta per seconde is gelijk aan

$$L_d = f n_2(T) .$$

(Feitelijk is het totale aantal quanta dat per impuls wordt geëmitteerd:

$$n_2(T) + \gamma \int_0^T n_2 dt .$$

De laatste term stelt het aantal quanta voor dat reeds in het tijdsinterval $0 < t < T$ werd uitgezonden. Dit is nu echter kleiner dan $\gamma T \cdot n_2(T)$ en daar γT doorgaans $\ll 1$, nl. $10^{-5} < \gamma T < 0{,}1$, kunnen wij de tweede term verwaarlozen.)

Wij vinden dus:

$$L_d = f n_2(T) \approx f \frac{\eta_0 I}{\gamma + \eta_0 I/N} \left[1 - e^{-\left(\frac{\eta_0 I}{N} + \gamma\right)T}\right] .$$

Wegens $\gamma T \ll 1$ mag dit, in verband met (7), bij voldoende benadering vervangen worden door formule (6).

Samenvatting. Bij de fluorescentie van vaste stoffen (fosforen) door excitatie met electronen blijkt het rendement van de fluorescentie bij grote stroomdichtheid in de electronenbundel af te nemen. Dit wordt veroorzaakt doordat het in het kristalrooster aanwezige aantal activatorcentra beperkt is. Deze „verzadiging" van de fluorescentie blijkt bij continue bestraling met electronen af te hangen zowel van de activatorconcentratie als van de gemiddelde levensduur der aangeslagen activatoren. In het geval van intermitterende bestraling, zoals wordt toegepast wanneer we het scherm van een televisiebuis met een electronenbundel aftasten, blijkt de afhankelijkheid van de gemiddelde levensduur te verdwijnen, mits deze klein is vergeleken met de tijd die verstrijkt tussen twee opeenvolgende passages en groot is ten opzichte van de verblijftijd van de electronenbundel.

Een vergelijking van de eigenschappen van silicaat- en sulfidefosforen leert, dat in buizen waarin niet te grote stroomdichtheden voorkomen, met voordeel sulfidefosforen kunnen worden gebruikt, terwijl in buizen met een hoge belasting van het fluorescentiescherm silicaatfosforen de voorkeur verdienen, ondanks het feit dat hun rendement bij continue bestraling in de regel kleiner is dan dat van sulfidefosforen.

Indien men, bij gebruik van een wit lichtend mengsel van twee fosforen, wil voorkomen dat bij grote stroomdichtheid kleurverandering optreedt, moeten de karakteristieken van de twee componenten gelijkvormig zijn. Verschillende mogelijkheden worden besproken om de karakteristieken van de componenten bij elkaar aan te passen. Ook bij gebruik van een mengsel met gelijkvormige karakteristieken kan bij defocussering van de bundel nog kleurverandering optreden. Dit wordt veroorzaakt door het verschil in gemiddelde levensduur van de activatoren der componenten, vergeleken met de tijd waarin één lijn van het beeld wordt beschreven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publicaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van het Natuurkundig Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvrage overdrukken.

1891: F. A. Kröger, J. Th. G. Overbeek, J. Goorissen en J. van den Boomgaard: Bismuth as activator in fluorescent solids (J. Electrochem. Soc. **96**, 132-141, 1949, No. 3).

Driewaardig bismuth vormt fluorescentiecentra zowel in zijn eigen verbindingen als in andere systemen, waarin het als activator optreedt. De emissie bestaat uit een aantal banden gelegen tussen het ultraviolette en het rode deel van het spectrum. De relatieve intensiteit der banden hangt af van het moederrooster en van de temperatuur. Sulfaten en fosfaten van de aardalkaliën vertonen in hoofdzaak een rode fluorescentie. De afhankelijkheid van de rode fluorescentie van $Ca_2P_2O_7$-Bi van de temperatuur is verschillend bij bestraling met kathodestralen en met röntgenstralen.

1892: J. Haantjes: A self-oscillating line-deflection circuit (Bull. S.E.V. **40**, 633-635, 1949, No. 1).

In deze voordracht, gehouden op het televisiecongres te Zürich, 1948, wordt een beschrijving gegeven van een auto-oscillerende schakeling voor lijndeflectie waarbij, afgezien van een korte terugslagtijd, de stroom een lineaire functie is van de tijd. Schematisch kan de kring worden gedacht als een zelfinductie L en een capaciteit C die parallel zijn aangesloten op een batterij met tussenplaatsing van een schakelaar. Indien deze schakelaar periodiek gedurende een korte tijd, gelijk aan de halve trillingstijd van de LC-kring, wordt geopend, ontstaan de gewenste oscillaties. In het artikel wordt aangetoond dat de schakelaar kan worden gerealiseerd door een diode en een daaraan parallelgeschakelde tetrode. Door een kleine wijziging kan de inwendige weerstand van de schakelaar verlaagd worden. Verder is het mogelijk de kring via het stuurrooster te synchroniseren met negatieve pulsen van enkele volts van een bron met vrij grote inwendige impedantie. Hiermee is een deflectieschakeling met laag energieverbruik verwezenlijkt (zie ook Philips techn. T. **10**, 307-317, 1948).

1893: J. A. Lely en T. W. van Rijssel: X-ray collimator producing a beam of very small divergence and large intensity (Acta crystallographica **2**, 337, 1949, No. 5).

Korte beschrijving van een collimator voor röntgenstralen, bestaande uit twee (of eventueel vier), bijv. 12 cm lange, gepolijste glazen staven die een zeer kleine hoek met elkaar vormen (afstand aan één uiteinde bijv. 9 μ, aan het andere uiteinde bijv. 140 μ). De nauwe opening wordt zo dicht mogelijk bij het focus van de röntgenbuis geplaatst. De werking berust op de parallellisering van de van het focus uitgaande bundel door multipele totale reflectie tegen de gepolijste oppervlakken. Op deze wijze kunnen bundels verkregen worden met een divergentie van slechts enkele boogminuten, klein genoeg om netvlakafstanden van 350-400 Å te meten. De intensiteit van de bundel is voor een spleet 3-5× en voor een vierkante opening 10-30× groter dan bij een gebruikelijk diafragma.

1894: E. J. W. Verwey: Nouveaux matériaux céramiques (Bull. Soc. Chim. France, Mars-Avril 1949, blz. D 120 - D 121).

Opsomming van moderne synthetische keramische materialen die in de electrotechniek worden gebruikt wegens hun bijzondere diëlectrische, ferromagnetische of geleidingseigenschappen. Bijzondere aandacht wordt gewijd aan de ijzer bevattende spinellen (XFe_2O_4). Vgl. Philips techn. T. **9**, 186-191, 239-248, 1947.

1895: E. J. W. Verwey: Valence induite (Bull. Soc. Chim. France, Mars-Avril 1949, blz. D 122).

Door bijv. in een rooster van tweewaardige ionen, zoals NiO, eenwaardige ionen te brengen, bijv. Li_2O, kan men bereiken dat een deel van de tweewaardige ionen bij de mengkristalvorming door opneming van zuurstof uit de atmosfeer in driewaardige vorm overgaat. Het oorspronkelijk niet geleidende oxyde wordt daarbij een halfgeleider.

1896: E. J. W. Verwey: Arrangement des cations dans les spinelles (Bull. Soc. Chim. France, Mars-Avril 1949, blz. D 123.)

Als functie van kleine afstandsveranderingen tussen de zuurstofionen van een spinelrooster worden de roosterenergieën berekend voor verschillende bezettingsmogelijkheden van de tetraeder- en de octaëderplaatsen en aan de hand hiervan enkele bijzondere gevallen besproken (zie ook deze overzichten No. **1894***).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

1897: W. Elenbaas en E. W. van Heuven: Watercooled high-pressure mercury discharge lamp for direct-current operation (J. Soc. Motion Picture Eng. **53**, 594-597, Nov. 1949).

Beschrijving van een met water gekoelde kwiklamp met hoge druk, voor cinema-projectie. In combinatie met een geschikte reflector is deze lamp te gebruiken als lichtbron voor fotografische momentopnamen. Gegevens: inwendige diameter iets minder dan 2 mm, booglengte 12,5 mm, verbruik 1 kW, helderheid 50 000 cd/cm² langs de as van de ontlading. Met de beschreven reflector kan een oppervlakte van 12,5 cm doorsnede door één lamp met 500 000 lux worden verlicht. Met een lamp met dubbele booglengte (verbruik 2 kW) kan het verlichtingsniveau nog aanzienlijk worden verhoogd.

1898: P. C. van der Willigen: Lasbaarheid van zacht staal en laaggelegeerd staal (Lastechniek **15**, 317-322, 1949, No. 12).

Aan de hand van toestandsdiagrammen van ijzer met als bijmengsel S, P, H, N en O wordt de invloed van deze bijmengselen op de lasbaarheid besproken. De rol die waterstof uit de electrodenbekleding hierbij speelt, wordt nagegaan.

R 125: J. te Winkel: A note on the maximum feedback obtainable in an amplifier of the cathode feedback type (Philips Res. Rep. **5**, 1-5, 1950, No. 1).

De totale tegenkoppeling op de laatste buis in een tegengekoppelde versterker wordt berekend voor het geval waarin de tegenkoppelspanning afgeleid wordt van een impedantie die geplaatst is tussen de kathode van de laatste buis en aarde (kathode-tegenkoppeling). Aangetoond wordt dat deze grootheid een bovenste grens bezit die alleen afhangt van de frequentie en van de verhouding van de steilheid en de ingangscapaciteit van deze laatste buis; de totale tegenkoppeling blijkt ook steeds kleiner te zijn dan het product van de individuele tegenkoppeling van de buis en de tegenkoppeling langs de hoofdkring.

R 126: J. L. H. Jonker; Valves with a ribbon-shaped electron beam: contact valve; switch valve; selector valve; counting valve (Philips Res. Rep. **5**, 6-22, 1950, No. 1).

Beschrijving van een nieuw type electronenstraalbuizen met lintvormige electronenbundel, te gebruiken als electronische schakelaar. Bij vergelijking van de physische eigenschappen van buizen met electronenbundels van cirkelvormige en rechthoekige doorsnede blijkt dat bij gebruik van deze laatste (lintvormige bundel) de afmetingen sterk kunnen worden gereduceerd, zodat voor de constructie de gewone radiobuizentechniek kan worden toegepast. Als nieuwe toepassingen worden vermeld: (1) een contactbuis voor gebruik in de telefonie, (2) een schakelbuis, die magnetische relais in telefooncentrales kan vervangen, (3) idem met meervoudige schakelmogelijkheden, (4) een telbuis, waarbij met grote snelheid de stroomimpulsen op een der electroden kunnen worden geteld.

R 127: J. M. Stevels: Some experiments and theories on the power factor of glasses as a function of their composition, I (Philips Res. Rep. **5**, 23-36, 1950, No. 1).

In dit artikel worden metingen meegedeeld van de verlieshoek (tgδ) van een aantal glazen, bij 20 °C en $f = 1{,}5 \cdot 10^6$ Hz, als functie van de samenstelling.

R 128: J. D. Fast: The gas phase in equilibrium with a solution of carbon, oxygen, hydrogen and nitrogen in liquid iron (Philips Res. Rep. **5**, 37-45, 1950, No. 1).

Met behulp van gegevens uit de literatuur worden de evenwichtsvergelijkingen voor een gasphase, in evenwicht met een oplossing van C, O, H en N in vloeibaar ijzer, berekend in het temperatuurgebied 1800-2000 °K. Slechts de gassen CO, CO_2, H_2, H_2O, CH_4 en N_2 treden in meetbare hoeveelheden op.

R 129: K. Rodenhuis: The limiting frequency of an oscillator triode (Philips Res. Rep. **5**, 46-77, 1950, No. 1).

Berekening van de grensfrequentie, d.i. de hoogste frequentie waarbij oscilleren mogelijk is, van een triode. Deze wordt beschouwd als een vierpool. De condities worden afgeleid waaronder een vierpool in staat is aan een uitwendige kring energie te leveren. Vervolgens worden de relaties besproken die bestaan tussen de vierpool-coëfficienten en de eigenschappen van de electronenstroom, de weerstanden in de toevoerleidingen en de weerstand in de electronen emitterende laag. Ten slotte wordt de theorie toegepast op de ultrakortegolf-triode EC 81, waarbij blijkt dat de berekende grensfrequentie 15% hoger is dan de gemeten grensfrequentie. Dit verschil moet worden toegeschreven aan de ingevoerde benaderingen. De relatieve betekenis van diverse factoren komt in de berekening duidelijk aan het licht. Een methode voor experimentele bepaling van de grensfrequentie wordt kort beschreven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!